

Интерфейсы измерительных приборов

Интерфейс USB

Шина USB (Universal Serial Bus - универсальная последовательная шина) появилась по компьютерным меркам довольно давно - версия первого утвержденного варианта стандарта появилась 15 января 1996 года. Разработка стандарта была инициирована весьма авторитетными фирмами - Intel, DEC, IBM, NEC, Northern Telecom и Compaq.

USB — универсальная последовательная шина, предназначенная для периферийных устройств. Шина USB представляет собой последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств. Для высокоскоростных устройств лучше применять FireWire.

USB-кабель представляет собой две витые пары: по одной паре происходит передача данных в каждом направлении (дифференциальное включение), а другая пара используется для питания периферийного устройства (+5 В). Благодаря встроенным линиям питания, обеспечивающим ток до 500 мА, USB часто позволяет применять устройства без собственного блока питания (если эти устройства потребляют ток силой не более 500 мА).

К одному контроллеру шины USB можно подсоединить до 127 устройств через цепочку концентраторов (они используют топологию "звезда"). В отличие от многих других стандартных типов разъемов, для USB характерны долговечность и механическая прочность.

Основная цель стандарта, поставленная перед его разработчиками - создать реальную возможность пользователям работать в режиме Plug&Play с периферийными устройствами. Это означает, что должно быть предусмотрено подключение устройства к работающему компьютеру, автоматическое распознавание его немедленно после подключения и последующей установки соответствующих драйверов. Кроме этого, желательно питание маломощных устройств подавать с самой шины. Скорость шины должна быть достаточной для подавляющего большинства периферийных устройств. Попутно решается историческая проблема нехватки ресурсов на внутренних шинах IBM PC совместимого компьютера - контроллер USB занимает только одно прерывание независимо от количества подключенных к шине устройств.

На рынке представлены устройства поддерживающие разные версии интерфейса.

USB 1.1

Технические характеристики:

- две скорости:
 - высокая скорость обмена — 12 Мбит/с
 - низкая скорость обмена — 1,5 Мбит/с
- максимальная длина кабеля для высокой скорости обмена — 5 м
- максимальная длина кабеля для низкой скорости обмена — 3 м
- максимальное количество подключённых устройств (включая размножители) — 127
- возможно подключение устройств с различными скоростями обмена
- напряжение питания для периферийных устройств — 5 В
- максимальный ток потребления на одно устройство — 500 мА

USB 2.0

USB 2.0 отличается от USB 1.1 только большей скоростью и небольшими изменениями в протоколе передачи данных для режима Hi-speed (480 Мбит/сек). Существуют три скорости работы устройств USB 2.0 :

Low-speed 10—1500 Кбит/с (используется для интерактивных устройств: Клавиатуры, мыши, джойстики)

Full-speed 0,5—12 Мбит/с (аудио/видео устройства)

Hi-speed 25—480 Мбит/с (видео устройства, устройства хранения информации)

На самом деле хотя и в теории скорость USB 2.0 может достигать 480 Мбит/с, устройства типа жёстких дисков и вообще любых носителей информации в реальности никогда не достигают такой скорости обмена по шине, хотя и могут развивать её. Это можно объяснить достаточно большими задержками шины USB между запросом на передачу данных и собственно началом передачи. Например, другая шина FireWire хотя и обеспечивает максимальную скорость в 400 Мбит/с, что на 80 Мбит/с меньше чем у USB, в реальности позволяет достичь больших скоростей обмена данными с жёсткими дисками и другими устройствами хранения информации/

USB OTG

USB OTG (от On-The-Go) — дальнейшее расширение спецификации USB 2.0, предназначенное для лёгкого соединения периферийных USB-устройств друг с другом без необходимости подключения к ПК. Например, цифровой фотоаппарат можно подключать к фотопринтеру напрямую, если они оба поддерживают стандарт USB OTG. К моделям КПК и коммуникаторов, поддерживающих USB OTG, можно подключать некоторые USB-устройства. Обычно это флэш-накопители, цифровые фотоаппараты, клавиатуры, мыши и другие устройства, не требующие дополнительных драйверов. Этот стандарт возник из-за резко возросшей в последнее время необходимости надёжного соединения различных USB-устройств без использования ПК. В данной спецификации устройства обходятся без персонального компьютера, т.е. выступают как одноранговые приемопередатчики (на самом деле только создаётся такое ощущение. В действительности же устройства определяют, кто из них будет мастер-устройством, а кто подчиняемым. А одноранговым интерфейс USB быть не может).

USB wireless

Новейшая технология USB (официальная спецификация стала доступна только в мае 2005 года). Позволяет организовать беспроводную связь с высокой скоростью передачи информации (до 480 Мбит/с на расстоянии 3 метра и до 110 Мбит/с на расстоянии 10 метров). 23 июля 2007 года международная некоммерческая организация USB Implementers Forum (USB-IF), объединяющая разработчиков и производителей оборудования с интерфейсом USB, объявила о сертификации шести первых потребительских продуктов с поддержкой Wireless USB.

USB 3.0

USB 3.0 находится на стадии разработки и будет передавать сигнал посредством оптоволоконного кабеля. USB 3.0 планируется создать обратно совместимым с USB 2.0 и USB 1.1 Созданием USB 3.0 занимаются компании: Intel, Microsoft, Hewlett-Packard, Texas Instruments, NEC и NXP Semiconductors. Теоретическая пиковая пропускная способность составляет 4,8 Гбит/с.

USB универсальная последовательная шина. Поскольку шина последовательная, то в каждый момент времени передается только один поток данных. Шина USB чем-то похожа на Ethernet – данные передаются пакетами. Каждый пакет имеет заголовок отвечающий за транспортировку и маршрутизацию данных. Но есть и существенно отличие: в USB полоса (bandwidth) (этот термин попросту говоря можно понимать как "общая пропускная способность") шины делится между устройствами не по принципу "кто первый занял" (random access). В USB ресурсы распределяются централизованно – концентратором (hub) шины. У шины может быть только один корневой концентратор (root hub), управляющий работой всей шины (он то, как раз и распределяет ресурсы шины между устройствами). Поэтому нельзя соединить два компьютер напрямую проводом (наподобие нуль-модема) через USB – получится конфигурация с двумя корневыми концентраторами. К корневому концентратору подключаются устройства – всего до 127. Устройство может быть в свою очередь концентратором, контролирующим нижележащий сегмент шины. Таким образом, USB шина может

выглядеть как многогранговая звезда (дерево).

Следует помнить, что максимальную скорость должен поддерживать корневой концентратор. К 12 Мб/с концентратору можно подключить низкоскоростное устройство и нельзя – высокоскоростное (т.е. можно, но оно будет работать на скорости 12Мб/с, а не 480). Следует заметить, что современные чипсеты персональных компьютеров зачастую обеспечивают скорость только 12 Мб/с (они хотя и позиционируются как USB 2.0 совместимые, но по сути являются USB1.1), поэтому не стоит полагать, что USB обеспечит во всех случаях жизни высокоскоростной обмен.

Различают 4 различных типа передачи по USB:

Управляющий – используется для конфигурации устройства на шине, также может использоваться для специфичных для устройства целей; **Пакетный** – передача больших пакетов информации, допускающая большие задержки в доставке данных; **"По прерыванию"** – надежная, кратковременная передача (например, кода клавиши от клавиатуры); **Изохронный** – для передачи данных в режиме реального времени (с минимальной задержкой).

Каждое устройство предоставляет одну (или несколько) т.н. функцию. Некоторые устройства могут содержать также один (или несколько) концентратор, к которому подключаются подчиненные устройства.

Каждая функция может иметь несколько точек подключения (endpoint). Каждая точка отвечает за определенный тип передачи данных. Каждое устройство имеет управляющую точку подключения (control endpoints).

Технические характеристики

Возможности USB следуют из ее технических характеристик:

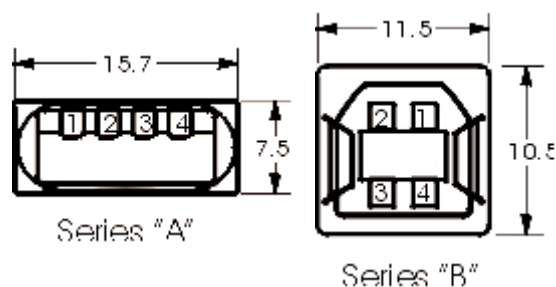
- Высокая скорость обмена High speed – 480 Мб/с; Full-speed signaling bit rate - 12 Mb/s; Low speed – 1.5 Мб/с
- Максимальная длина кабеля для высокой скорости обмена - 5 m
- Низкая скорость обмена (low-speed signaling bit rate) - 1.5 Mb/s
- Максимальная длина кабеля для низкой скорости обмена - 3 m
- Максимальное количество подключенных устройств (включая размножители) - 127
- Возможно подключение устройств с различными скоростями обмена
- Отсутствие необходимости в установке пользователем дополнительных элементов, таких как терминаторы для SCSI
- Напряжение питания для периферийных устройств - 5 V
- Максимальный ток потребления на одно устройство - 500 mA

Поэтому целесообразно подключать к USB практически любые периферийные устройства, кроме цифровых видеокамер и высокоскоростных жестких дисков. Особенно удобен этот интерфейс для подключения часто подключаемых/отключаемых приборов, таких как цифровые фотокамеры. Конструкция разъемов для USB рассчитана на многократное сочленение/расчленение.

Возможность использования только трёх скоростей обмена данными ограничивает применяемость шины, но существенно уменьшает количество линий интерфейса и упрощает аппаратную реализацию.

Питание непосредственно от USB возможно только для устройств с малым потреблением, таких как клавиатуры, мыши, джойстики и т.п.

Кабели и разъемы



Сигналы USB передаются по 4-х проводному кабелю

Серия разъемов А предназначены только для подключения к источнику, т.е. к компьютеру или хабу. Серия В предназначены только для подключения к периферийному устройству

Номер контакта	Назначение	Цвет провода
1	V BUS	Красный
2	D-	Белый
3	D+	Зеленый
4	GND	Черный
Оплетка	Экран	Оплетка

Здесь GND - цепь "корпуса" для питания периферийных устройств, VBus - +5V также для цепей питания. Шина D+ предназначена для передачи данных по шине, а шина D- для приема данных.

Кабель для поддержки полной скорости шины (full-speed) выполняется как витая пара, защищается экраном и может

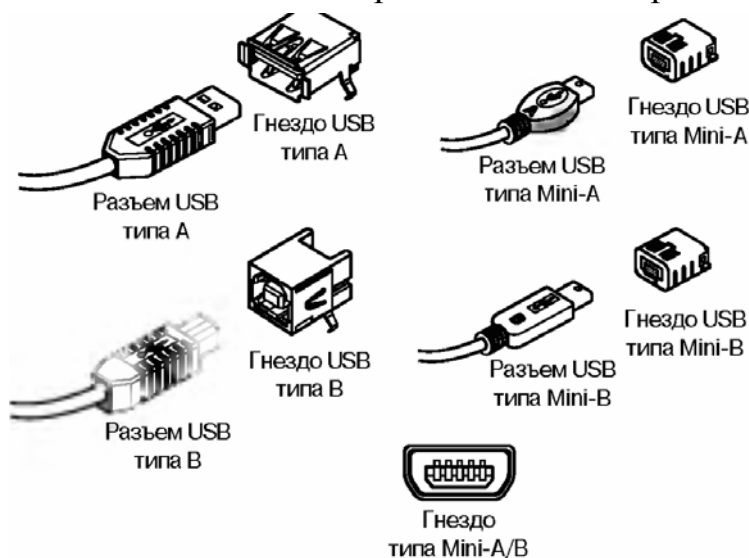
также использоваться для работы в режиме минимальной скорости (low-speed). Кабель для работы только на минимальной скорости (например, для подключения мыши) может быть любым и неэкранированным.

Возможностью подключения к компьютеру USB-устройств сейчас уже никого не удивить, однако с момента появления такой возможности прошло немало времени, прежде чем на витринах салонов компьютерной техники появились действительно

достойные внимания изделия. Огромное разнообразие периферийных устройств и их постепенное удешевление позволяют всё большему числу пользователей ПК воспользоваться преимуществами USB-интерфейса.

USB обеспечивает большую скорость обмена данными между компьютером и периферийным устройством по сравнению со стандартными портами ввода-вывода (последовательный - COM и параллельный - LPT). Максимальная пропускная способность USB 1.1 составляет 12Мбит/с и 480Мбит/с для следующего поколения этого стандарта USB 2.0, что в значительной степени превышает возможность последовательной передачи COM-порта. Для поддержки низкоскоростных устройств предусмотрен режим передачи со скоростью 1,5Мбит/с.

Согласно спецификации USB-шина может одновременно обслуживать до 127 устройств, что более чем достаточно для самого изощренного пользователя. Подключать и отключать такое огромное многообразие периферии можно в горячем режиме, не выключая и не перезагружая компьютер. Способ доступа к шине напоминает звездную топологию с использованием концентратора (Hub). Именно к



такому устройству разветвления подключается основная масса периферийных устройств. Достаточно подключить хаб к одному из двух (иногда, четырех) разъёмов компьютера, так называемому корневому концентратору (Root Hub), чтобы избавиться от мнимой нехватки USB-портов. Теперь список используемых устройств не ограничивается только клавиатурой или мышью, его можно пополнить, подключив принтер, сканер, джойстик, фото или видеокамеру и даже колонки.

Каждое устройство, подключаемое к шине, получает свой уникальный идентификационный номер, посредством которого осуществляется дальнейшее конфигурирование, управление и обмен данными. Сеанс связи организуется в пакетном режиме и может быть инициирован только самим компьютером (управляющим устройством).

Объединение всех компонентов USB-архитектуры осуществляется при помощи четырехжильных кабелей. Две жилы, питание +5В и GND, предназначены для устройств, не имеющих внешнего источника питания, оставшиеся - для организации последовательной передачи данных D+ и D-. Различают два типа соединителей: тип А, обращенный к компьютеру; тип В, обращенный к устройству. Конструкция разъёмов и гнезд рассчитана на то, чтобы сделать быстрой и удобной процедуру многократного подключения и отключения, что необходимо, например, для работы с цифровой фотокамерой.

Очевидные на сегодняшний день преимущества стандарта USB не ограничивают его применение в области мультимедийных приложений. Использование скоростного, с возможностью подключения большого числа устройств, USB-интерфейса в сфере коммуникаций или специализированного сбора информации и мониторинга поднимет на более высокий качественный уровень работу и обслуживание устройств, которые изначально проектировались для портов COM и LPT.

Палиндромы - это слова и фразы, которые читаются одинаково слева направо и справа налево. Палиндромов существует великое множество. Один из них я использую для проверки, читается ли конспект. Допер, препод?

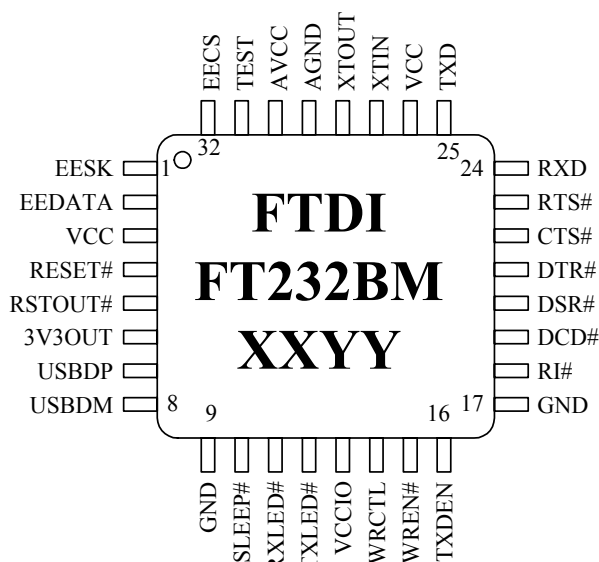
Большинство современных компьютеров оборудованы портами USB, как минимум, версии 1.1. В принципе, нет причин, по которым нельзя было бы исключить все или почти все остальные порты и заменить их USB. В частности, речь может идти о PS/2, LPT, COM, аудио, а с некоторой поправкой на скорость - и IDE/SCSI. Компания Apple продвинулась в этом направлении, возможно, дальше прочих. Исключение составляет лишь несколько интерфейсов - например, видеовход и выход, для которых пропускной способности USB 1.1 иногда недостаточно. Стандарт USB 2.0 решает проблему пропускной способности, устанавливая максимальную скорость до 60 Мб/с. Следует учитывать, что порты USB конкурируют за полосу пропускания - тем более при каскадном подключении. Так что максимальную скорость можно получить лишь при подключении только одного устройства. На уровне программного обеспечения USB поддерживается любой операционной системой. Важным моментом было создание USB-драйвера в виде патча для системы Windows 95 и встраивание его в Windows 98, после чего, как говорится, "процесс пошел" и многие производители стали снабжать свои устройства USB-интерфейсом. Поскольку стандарт открыт, то поддержка USB была тут же добавлена в открытые системы, такие как Linux и FreeBSD.

Будущее USB безоблачно и прекрасно: поскольку создатели не требуют за свою разработку лицензионных отчислений, то использовать USB в продуктах легко и выгодно. К тому же USB полюбили и пользователи, и разработчики - а это залог маркетингового успеха.

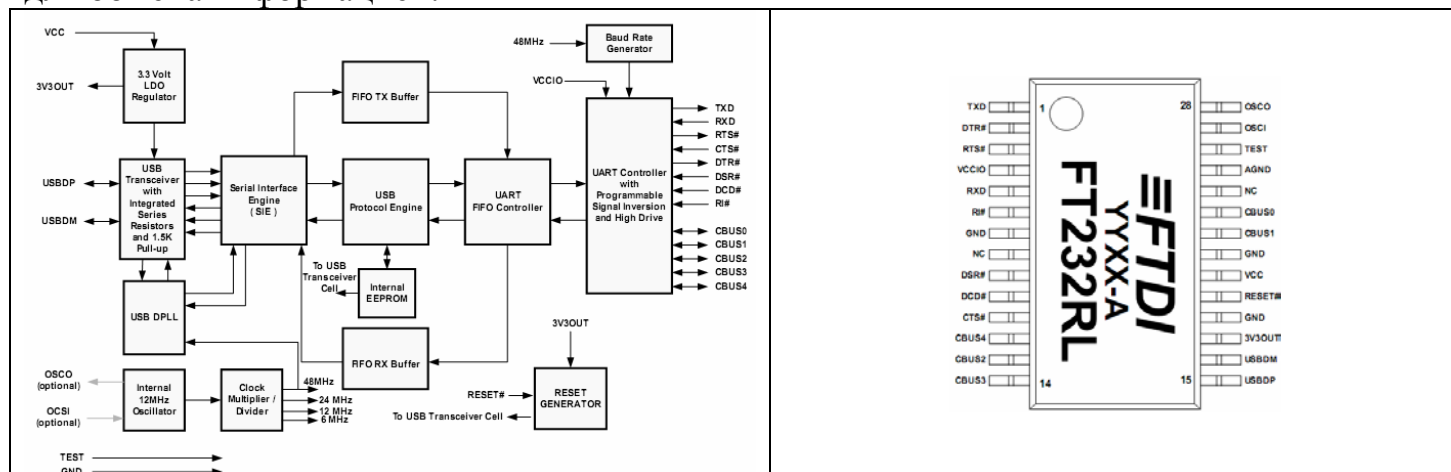
Для сопряжения компьютера с микроконтроллерами через USB широко используются мосты USB-COM различных производителей.

Выпускаемая линейка продуктов этого производителя включает ряд многофункциональных микросхем: FT8U232AM (FT232AM), FT232BM, FT232R, FT8U245AM (FT245AM), FT245BM, FT8U100AX и номенклатура постоянно расширяется.

интерфейса RS232 в USB. Микросхема работает на скоростях передачи данных вплоть до 920 кбит/с (RS232) и 2000 кбит/с (RS422 / RS485). Этот кристалл значительно повышает уровень производительности традиционных ISA и PCI устройств последовательной передачи данных, тем более процедуру plug and play удобнее и легче осуществить через USB-интерфейс. Гибкая архитектура может найти применение в самых разнообразных решениях: USB-модемы, конвертеры-переходники RS232<->USB, сканеры штрих-кода, измерительная аппаратура с RS422 - фактически любое оборудование, которое ранее использовало медленный RS232 интерфейс. Микросхема выполнена в 32-х



Более современным вариантом является микросхема FT232R (третье поколение) основное отличие которой от FT232BM (второе поколение) в том, что на кристалле расположили кварц и встроенную память EEPROM, а также ряд дополнительных линий для обмена информацией.



FT245AM/BM USB FIFO являются сравнительно экономичными вариантом для того, чтобы организовать обмен информацией между периферийным устройством и компьютером со скоростями до 8 Мбит/с. Микросхема представляет собой буфер FIFO и делает более удобным взаимодействие с любым CPU (MCU), используя каналы прямого доступа к памяти (DMA) или порты ввода-вывода контроллера периферийного

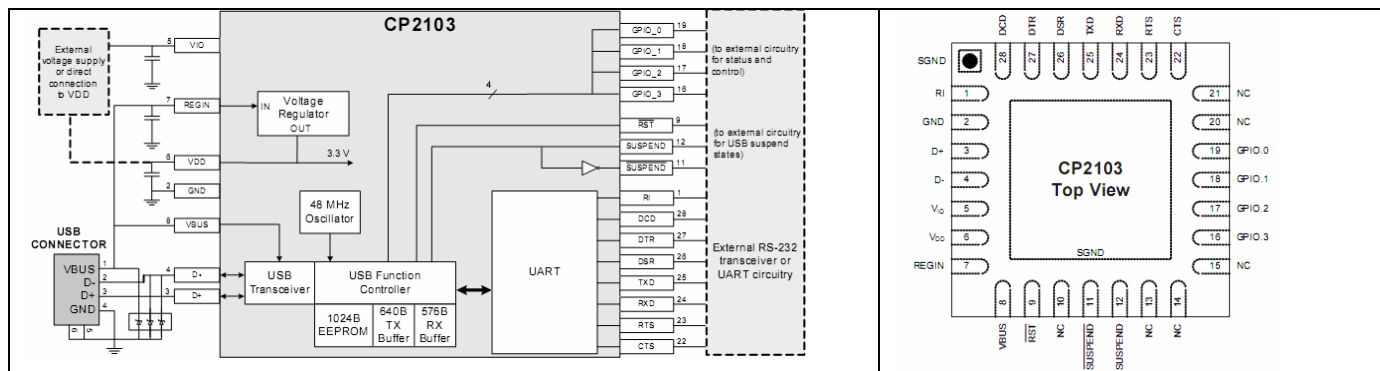
устройства. Для передачи данных от устройства к ПК достаточно записать байт данных в буфер при неактивном бите состояния. В случае переполнения 384 байт буфера устройство перестает подтверждать готовность к записи. Отправка данных приостанавливается до тех пор, пока они не будут пересланы из FIFO по USB. Когда компьютер связывается с периферийным устройством, FT245AM подтверждает заполнение приемника выставлением в единицу бита состояния. Чтение информации из FIFO происходит до тех пор, пока этот бит активен. Данная микросхема может применяться в USB ISDN и ADSL модемах, в цифровых камерах и MP3 проигрывателях, в измерительной аппаратуре, которой необходимо высокая скорость обмена данными. FT245AM выполнена, как и предыдущая схема, в 32-х выводном LQPF-корпусе. Бесплатные драйвера виртуального последовательного порта от производителя микросхемы облегчают разработку ПО для работы с проектируемым периферийным устройством. Несмотря на то, что работа с виртуальным портом ведется как с обычным, команды установления скорости обмена игнорируются, а информация передается на максимально возможной скорости.

FT8U100AX USB HUB - третий продукт из серии микросхем для USB-шины фирмы FTDI. Она может исполнять роль USB-концентратора или контроллера для многофункциональных устройств. FT8U100AX спроектирована для использования в сложных USB-устройствах (Compound device) с поддержкой самых разнообразных встроенных функций: Ir удаленное управление, инфракрасные (IrDA) и беспроводные соединения и т.д. Структура кристалла состоит из нескольких блоков: повторителя (USB repeater) и концентратора, которыми в свою очередь управляет встроенный EMCU микроконтроллер, множество периферийных блоков, выполняющих встроенные функции. Выполнена поддержка PS/2 клавиатуры и мыши, последовательного и параллельного портов и контроллера работы с мониторами (I2C). Программа конфигурации микросхемы, позволяющая выполнить более гибкую настройку для конкретного устройства, может быть записана в любой внешней ПЗУ (OTP ROM).

Микросхема содержит 7 исходящих (downstream) высокоскоростных портов и 1 входящий (upstream). Настройки чипа позволяют выбирать способ питания устройства либо от шины USB (bus powered), либо от внешнего источника питания (self powered), а так же переключать в экономичный режим питания как все, так каждый порт в отдельности. Возможности FT8U100AX определяют достаточно широкую область использования, что делает её идеальным выбором в реализации таких решений как концентратор USB, питающийся от шины, с возможностью добавления специфических функций. Технология изготовления FT8U100AX снижает энергопотребление микросхемы до 3.3 вольта, что значительно уменьшает электрические шумы. Низкий уровень шумов облегчает выпуск устройств, соответствующих FCC и CE требованиям. Кристалл помещен в 100 выводной QFP корпус.

В помощь разработчикам FTDI предлагает удобные для отладки модули USBMOD1 и USBMOD2, основанные на микросхемах FT232 и FT245 соответственно. Удобство заключается в том, что каждый модуль рассчитан на использование со стандартным 32-контактным IC разъёмом. На панели интегрирован USB-разъем B-типа, задающий кварцевый резонатор и все необходимые пассивные элементы. Модули используют питание от USB-шины, что позволяет обойтись без дополнительного источника питания.

Основным конкурентом для Future Technology Devices Int являются **Silicon Laboratories** выпускающие микроконтроллеры с поддержкой интерфейса USB и мосты USB-COM. Последние выпускаются в трех модификациях CP2101, CP2102, CP2103 отличающиеся размером внутреннего буфера, объемом внутреннего EEPROM, и наличием дополнительных линий общего назначения.



Микросхемы фирмы Silicon Laboratories изначально выпускались с встроенным кварцем и встроенной EEPROM (у FTDI только микросхемы третьего поколения), что позволило существенно упростить схему включения (используются несколько конденсаторов и защитных стабилитронов плюс разъемы USB-A и DB9). Маленькие размеры микросхемы (5x5 мм) позволяют создавать миниатюрные устройства.



Стоимость микросхем используемых в мостах USB-COM составляет (4-6) \$, а готовые устройства можно купить в среднем за 60-100 гривен.

Увеличивающийся в мире объем обрабатываемой информации и расширение сервисных возможностей ПК требуют увеличения пропускной способности каналов связи с периферийными устройствами. Недалек тот день, когда COM и LPT, столь привычные заслуженным пользователям ПК, исчезнут с задней панели системного блока и перестанут существовать. Теперь Вы знаете, что придет им на смену...

IEEE 1394 (FireWire)

IEEE 1394 или FireWire - это последовательная высокоскоростная шина, предназначенная для обмена цифровой информацией между компьютером и другими электронными устройствами. Благодаря невысокой цене и большой скорости передачи данных эта шина становится новым стандартом шины ввода-вывода для персонального компьютера. Ее изменяемая архитектура и одноранговая топология делают FireWire идеальным вариантом для подключения жестких дисков и устройств обработки аудио- и видеoinформации. Эта шина также идеально подходит для работы мультимедийных приложений в реальном времени. В этом материале приведены некоторые общие сведения о стандарте IEEE 1394.

Высококачественное видео

Цифровые данные = (30 frames / second) (640 x 480 pels) (24-bit color / pel) = 221 Mbps

Видео среднего качества

Цифровые данные = (15 frames / second) (320 x 240 pels) (16-bit color / pel) = 18 Mbps

Высококачественное аудио

Цифровые данные = (44,100 audio samples / sec) (16-bit audio samples) (2 audio channels for stereo) = 1.4 Mbps

Аудио среднего качества

Цифровые данные = (11,050 audio samples / sec) (8-bit audio samples) (1 audio channel for mono) = 0.1 Mbps.

Обозначение Mbps - мегабит в секунду.

Для решения всех этих проблем и высокоскоростной передачи данных была разработана шина IEEE.

FireWire специфицируется стандартом IEEE 1394-1995 (принятым в 1995 году) и его дальнейшим развитием версиями стандарта: IEEE 1394a (2000г., повышена эффективность использования шины, введен миниатюрный 4-контактный разъем, расширены средства управления энергопотреблением) и IEEE 1394b(2002 г., более высокие скорости передачи, введен 9-контактный разъем, введены новые типы сред передачи – оптоволокно для передачи на расстояние 50-100 метров, неэкранированная витая пара 5 категории, для расстояний до 100м.). Стандарт IEEE 1394a на сегодняшний день является наиболее распространенным. Скорости передачи данных, определяемые стандартами IEEE 1394-1995 и IEEE 1394a - это 100, 200 и 400 Мбит/с. Каждая из них может использоваться устройствами, подключенными к шине. Все FireWire устройства должны поддерживать работу на минимальной скорости 100 Мбит/с. В зависимости от возможностей подключенных устройств одна пара устройств может обмениваться сигналами на скорости 100 Мбит/с, в то время как другая на той же шине - на скорости 400 Мбит/с.

В IEEE 1394b получили развитие еще большие скорости передачи - 800 Мбит/с, 1.6 Гбит/с и 3.2 Гбит/с , которые в настоящее время предлагаются как расширение стандарта. Такие высокие показатели пропускной способности последовательной шины практически исключают необходимость использования параллельных шин, основной задачей которых станет передача потоков данных, например, несжатых видеосигналов, внутри компьютера.

Во всех вариантах стандарта шина может функционировать в отсутствии выделенного узла (компьютера).

Таким образом, FireWire удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям, включая:

- Цифровой интерфейс - позволяет передавать данные между цифровыми устройствами без потерь информации
- Небольшой размер - тонкий кабель заменяет груду громоздких проводов
- Простота в использовании - отсутствие терминаторов, идентификаторов устройств или предварительной установки
- Горячее подключение - возможность переконфигурировать шину без выключения компьютера
- Небольшая стоимость для конечных пользователей
- Различная скорость передачи данных - 100, 200 и 400 Мбит/с
- Гибкая топология - равноправие устройств, допускающее различные конфигурации
- Высокая скорость - возможность обработки мультимедиа-сигнала в реальном времени
- Открытая архитектура - отсутствие необходимости использования специального программного обеспечения

Благодаря этому шина IEEE 1394 может использоваться с:

- Компьютерами
- Аудио и видео мультимедийными устройствами
- Принтерами и сканерами
- Жесткими дисками, массивами RAID
- Цифровыми видеокамерами и видеомagniтофонами

Простейшая система для видеоконференций, построенная на шине IEEE 1394, использующая два 15 fps аудио/видео канала загрузит всего третью часть 100 Mbps интерфейса 1394. Но, в принципе, для этой задачи возможно и использование 400 Mbps интерфейса.

В отличие от USB разъемы и кабели FireWire могут как иметь провода для передачи питающего напряжения по шине так и не иметь их. В случае если провода для передачи питания имеются их общее количество составляет 6.

Соединительные кабели FireWire

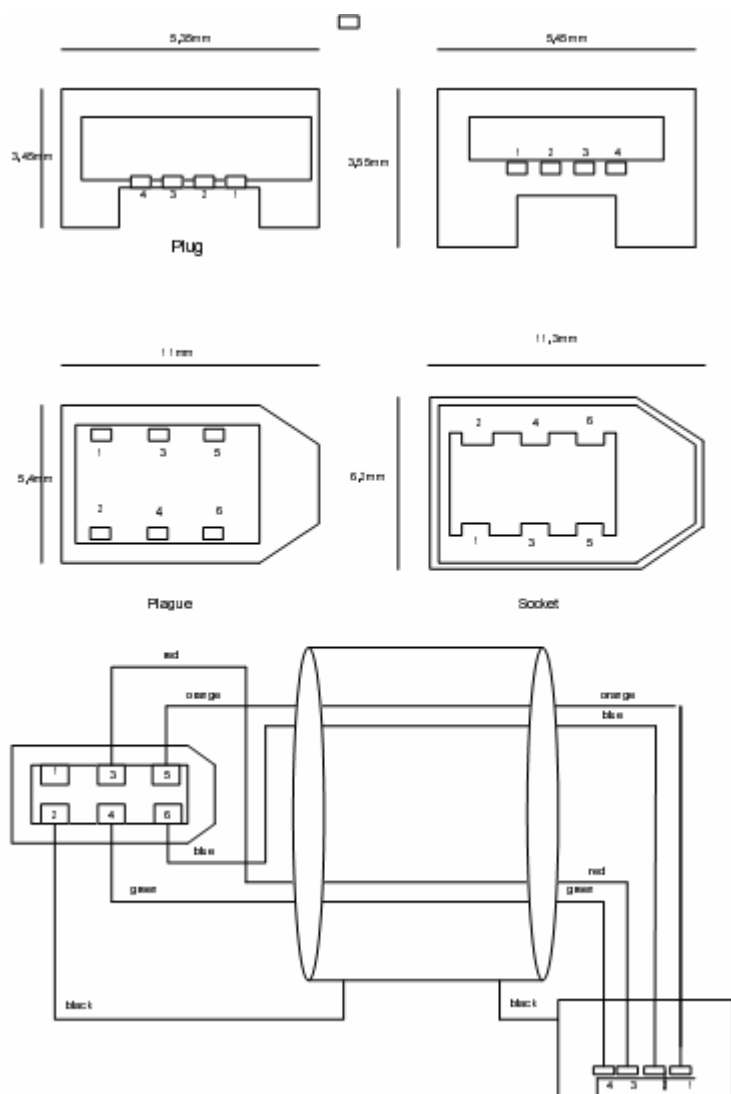
Разъем А				Разъем Б			
4-конт	6-конт	9-конт	Цепь	Цепь	9-конт	6-конт	4-конт
-	1	8	VP	VP	8	1	-
Экран	2	6	VG	VG	6	2	Экран
1	3	1	TPB-	TPA-	3	5	3
2	4	2	TPB+	TPA+	4	6	4
3	5	3	TPA-	TPB-	1	3	2
4	6	4	TPA+	TPB+	2	4	1
-	-	5	TPA(R)	TPB (R)	9	-	-
-	-	9	TPB (R)	TPA(R)	5	-	-
-	-	7	SC	SC	7	-	-
Экран	Экран	Экран	Экран	Экран	Экран	Экран	Экран

Шесть контактов FireWire подсоединены к двум проводам, идущим к источнику питания, и двум витым парам сигнальных проводов. Четыре сигнальных провода

объединены по два и носят названия ТРА и ТРВ (Twisted pair А и В соответственно). При передаче устройства используют для передачи дифференциального строга, а для передачи дифференциального сигнала. При приеме наоборот. Сигнальные провода выполнены в виде экранированной витой пары.

Каждая витая пара и весь кабель в целом экранированы. Провода питания рассчитаны на ток до 1,5 А при напряжении от 8 до 40 В, поддерживают работу всей шины, даже когда некоторые устройства выключены. Они также делают ненужными кабели питания во многих устройствах. Не так давно разработали еще более тонкий четырехпроводный кабель, в котором отсутствуют провода питания. (Они намерены добавить свою разработку к стандарту.) Этот так называемый AV-разъем будет связывать небольшие устройства, как "листья" с "ветками" 1394.

Кабели имеют на обоих концах разъемы типа "вилка", а устройств разъемы типа "розетка". Гнездо разъема имеет небольшие размеры (5,5x11 мм. 6 проводов или 5,5x3,5 мм -4 провода). При этом для соединения устройств имеющих розетки с разным числом проводов (4 и 6) используются кабели с соответствующими вилками, при этом 2 провода отвечающих за подачу питания на одном конце кабеля остаются незадействованными на другом. Внутри кабеля ТРА и ТРВ меняются местами и приходят соответственно на другую пару разъемов вилки на противоположном конце.



Топология

Стандарт 1394 определяет общую структуру шины, а также протокол передачи данных и разделения носителя. Древообразная структура шины всегда имеет "корневое" устройство, от которого происходит ветвление к логическим "узлам", находящимся в других физических устройствах.

Корневое устройство отвечает за определенные функции управления. Так, если это ПК, он может содержать мост между шинами 1394 и PCI и выполнять некоторые дополнительные функции по управлению шиной. Корневое устройство определяется во время инициализации и, будучи однажды выбранным, остается таковым на все время подключения к шине.

Сеть 1394 может включать до 63 узлов, каждый из которых имеет свой 6-разрядный физический идентификационный номер. Несколько сетей могут быть соединены между собой мостами. Максимальное количество соединенных шин в системе - 1023. При этом каждая шина идентифицируется отдельным 10-разрядным номером. Таким образом, 16-разрядный адрес позволяет иметь до 64449 узлов в системе. Поскольку разрядность адресов устройств 64 бита, а 16 из них используются для спецификации узлов и сетей, остается 48 бит для адресного пространства, максимальный размер которого 256 Терабайт для каждого узла.

Конструкция шины удивительно проста. Устройства могут подключаться к любому доступному порту (на каждом устройстве обычно 1 - 3 порта). Шина допускает "горячее" подключение - соединение или разъединение при включенном питании. Нет также необходимости в каких-либо адресных переключателях, поскольку отсутствуют электронные адреса. Каждый раз, когда узел добавляется или изымается из сети, топология шины автоматически переконфигурируется в соответствии с шинным протоколом.

Однако есть несколько ограничений. Между любыми двумя узлами может существовать не больше 16 сетевых сегментов, а в результате соединения устройств не должны образовываться петли. К тому же для поддержки качества сигналов длина стандартного кабеля, соединяющего два узла, не должна превышать 4,5 м (для ряда типов кабелей допустима длина до 100 м). Суммарная длина кабеля не должна превышать 72 метра.

Протокол

Интерфейс позволяет осуществлять два типа передачи данных: синхронный и асинхронный. При асинхронном методе получатель подтверждает получение данных, а синхронная передача гарантирует доставку данных в необходимом объеме, что особенно важно для мультимедийных приложений.

Протокол IEEE 1394 реализует три нижних уровня эталонной модели Международной организации по стандартизации OSI: физический, канальный и сетевой. Кроме того, существует "менеджер шины", которому доступны все три уровня. На физическом уровне обеспечивается электрическое и механическое соединение с коннектором, на других уровнях - соединение с прикладной программой.

На физическом уровне осуществляется передача и получение данных, выполняются арбитражные функции - для того чтобы все устройства, подключенные к

шине Firewire, имели равные права доступа.

На канальном уровне обеспечивается надежная передача данных через физический канал, осуществляется обслуживание двух типов доставки пакетов - синхронного и асинхронного.

На сетевом уровне поддерживается асинхронный протокол записи, чтения и блокировки команд, обеспечивая передачу данных от отправителя к получателю и чтение полученных данных. Блокировка объединяет функции команд записи/чтения и производит маршрутизацию данных между отправителем и получателем в обоих направлениях.

"Менеджер шины" обеспечивает общее управление ее конфигурацией, выполняя следующие действия: оптимизацию арбитражной синхронизации, управление потреблением электрической энергии устройствами, подключенными к шине, назначение ведущего устройства в цикле, присвоение идентификатора синхронного канала и уведомление об ошибках.

Чтобы передать данные, устройство сначала запрашивает контроль над физическим уровнем. При асинхронной передаче в пакете, кроме данных, содержатся адреса отправителя и получателя. Если получатель принимает пакет, то подтверждение возвращается отправителю. Для улучшения производительности отправитель может осуществлять до 64 транзакций, не дожидаясь обработки. Если возвращено отрицательное подтверждение, то происходит повторная передача пакета.

В случае синхронной передачи отправитель просит предоставить синхронный канал, имеющий полосу частот, соответствующую его потребностям. Идентификатор синхронного канала передается вместе с данными пакета. Получатель проверяет идентификатор канала и принимает только те данные, которые имеют определенный идентификатор. Количество каналов и полоса частот для каждого зависят от приложения пользователя. Может быть организовано до 64 синхронных каналов.

Шина конфигурируется таким образом, чтобы передача кадра начиналась во время интервала синхронизации. В начале кадра располагается индикатор начала и далее последовательно во времени следуют синхронные каналы 1, 2...

Оставшееся время в кадре используется для асинхронной передачи. В случае установления для каждого синхронного канала окна в кадре шина гарантирует необходимую для передачи полосу частот и успешную доставку данных.

LINET

Linet — простая, надежная, недорогая локальная операционная сеть, которая легко управляет простыми устройствами, такими как реле, нагреватели, датчики и др. и не требует никакого программирования.

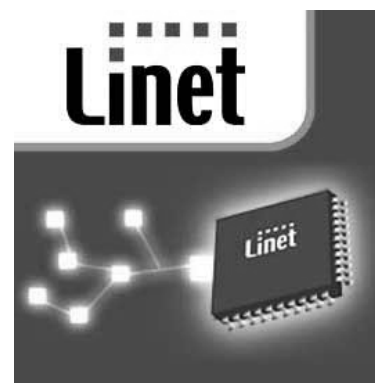
Сеть Linet состоит из двух основных компонентов — Linet-контроллера и сетевых Linet-узлов, которые обеспечивают подключение к сети разнообразных простых электрических устройств. Эта сеть изначально проектировалась так, чтобы удовлетворить потребность в простых сетях между простыми устройствами. Она легка для понимания и проста в использовании, конфигурирование узлов или внесение изменений производится легко и быстро и не вызывает никаких трудностей у людей, не имеющих даже малейшего понятия о программировании.

Фирма Linet Oy(Ltd.) была образована в 1995 году в Хельсинки группой высококвалифицированных разработчиков в области электроники, каждый из которых имел за плечами опыт работы по проектированию микроэлектронных устройств от 10 до 30 лет в ведущих промышленных и телекоммуникационных компаниях.

При создании сети Linet не заимствовались идеи построения других сетей или попытки приспособить или адаптировать их для решения поставленной задачи, и следовательно, не были унаследованы недостатки существующих информационных сетевых структур. Традиционные распределенные системы сейчас строятся как высокоуровневые управляющие сети на основе компьютерных систем и микропроцессорных контроллеров, которые требуют дорогостоящих средств разработки и их стоимость оказывается слишком большой для реализации простых приложений. Linet — это совершенно новая, не похожая ни на какую другую, простая в освоении и использовании локальная сетевая система реального времени, специально спроектированная для обеспечения управления такими простыми электротехническими устройствами, как лампочки, реле, кнопки включения, нагревательные элементы, сенсоры и т.п. Она является законченной и готовой к применению системой — для ее использования не потребуется никаких средств разработки приложений, никаких инвестиций для создания прикладного программного обеспечения или специального обучения. Системным интеграторам Linet предлагает гибкие функциональные возможности, низкую стоимость реализации проектов и максимально высокую скорость их внедрения.

Сеть Linet функционально состоит из двух типов компонентов — это Linet-сетевой контроллер, и Linet-узлы (nodes), соединенных между собой витой парой проводников. По ней передаются как информационные сигналы, так и осуществляется питание Linet-узлов, так что в узлах не потребуется никаких дополнительных источников питания или аккумуляторов.

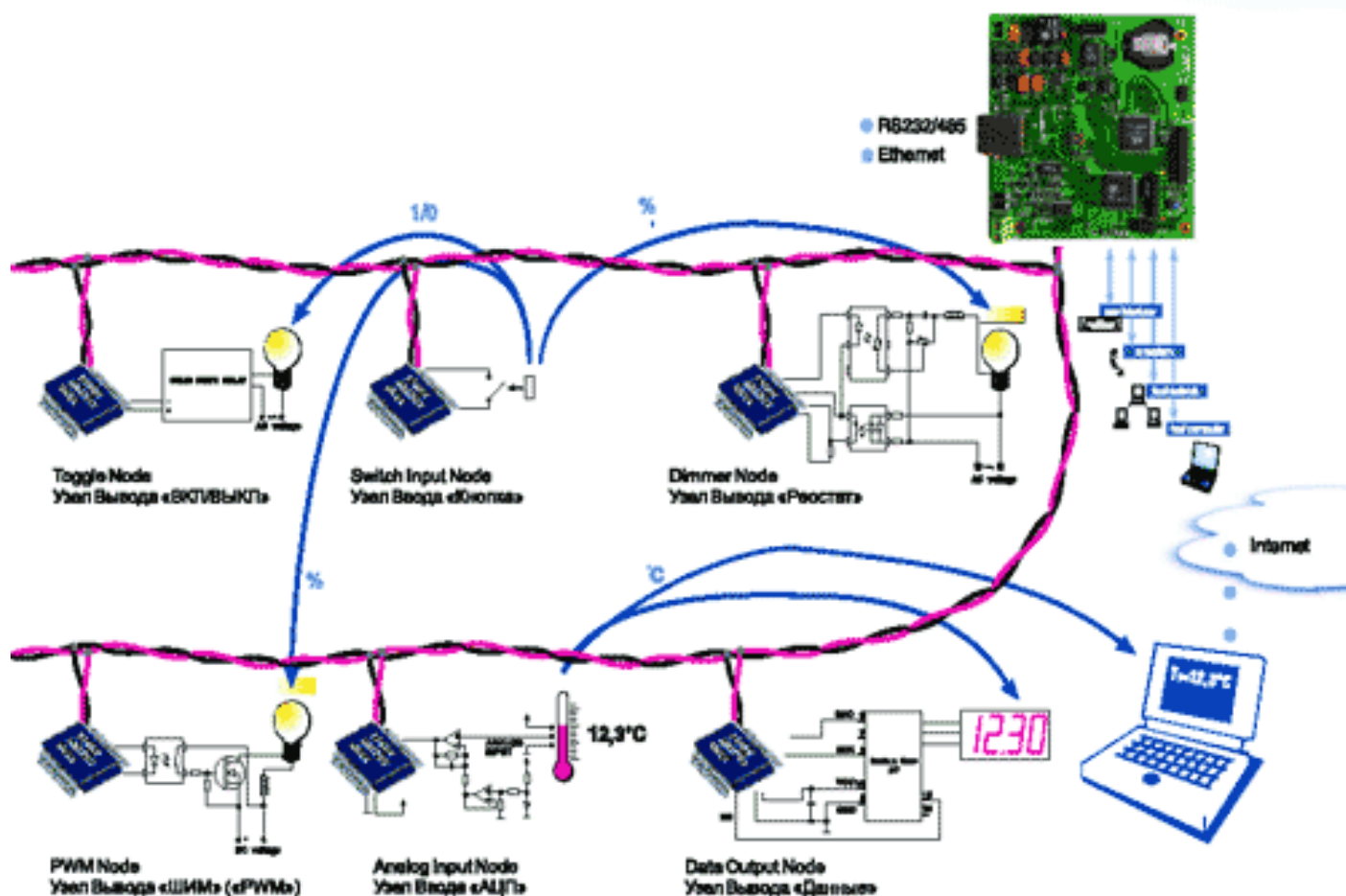
В одной сети, а в зависимости от сложности системы их может быть и несколько, всегда должен быть один сетевой контроллер, и определенное множество узлов, каждый из которых построен на основе ИМС микроконтроллера Linet.



Сетевой контроллер Linet, представляющий собой небольшую электронную плату, выполняет следующие функции:

- 1) обеспечивает питание узлов во всей сети
 - 2) обеспечивает поддержку протокола обмена данными между всеми узлами сети.
- Для этого сетевой контроллер формирует сигнал синусоидально-подобной формы с несущей частотой 20 кГц и размахом ± 20 В. По этой причине полярность проводников при подключении к Linet-узлам значения не имеет. Питание и данные передаются разными полуволнами, поэтому возможные изменения в потреблении и форме напряжения силовой сети также не влияют на надежность работы системы. Логические уровни сигналов "0" или "1" определяются путем интегрирования в ИМС микроконтроллера верхней полуволны сигнала.

Этим обеспечиваются высокая помехозащищенность и надежность передачи информации, условия электробезопасности и практически отсутствуют электромагнитные излучения по сравнению с сетями с цифровыми интерфейсами. Кроме того, через сетевой контроллер осуществляется инициализация (настройка) сети на этапе ее конфигурирования и организация интерфейса верхнего уровня с хост-компьютером или сервером. Число узлов определяется количеством простых устройств, которыми нужно управлять, или от которых нужно получать информацию о состоянии. Например, получать информацию о состоянии какого-либо концевого выключателя или управлять включением/выключением электролампочки. Каждое простое устройство имеет свой уникальный номер(адрес) в системе и представляет собой как бы один канал такой системы, хотя, при необходимости, несложно реализовать и несколько каналов в одном узле. Все физические устройства системы объединяются в единую сеть посредством узлов. Но самое замечательное то, что все узлы, независимо от



реализуемых ими функций, строятся на основе абсолютно одинаковых ИМС микроконтроллеров, не требующих никакого перепрограммирования со стороны пользователя.

В ИМС микроконтроллеров используются предварительно запрограммированные и готовые для выбора функции. Хотя их число заранее фиксировано, однако имеющихся встроенных функций вполне достаточно для построения разнообразных распределенных систем малой и средней сложности. При начальной инициализации системы, с помощью поставляемой с контроллером простой программы, производится выбор типа встроенной функции для конкретного узла, а впоследствии она может быть легко переопределена пользователем.

Всего имеется шесть встроенных функций.

Первая функция — "Дискретный ввод"(switch input node). Узел с такой функцией осуществляет прием сигналов в систему от таких простейших устройств как кнопка, тумблер, выключатель. Он может быть настроен на работу на нажатие, отпускание, или на время удержания кнопки.

Вторая функция — "Дискретный вывод"(toggle node). Узел с такой функцией осуществляет выдачу сигнала управления типа включить/выключить. Чаще всего, он используется для управления реле или другими силовыми устройствами. С помощью первых двух функций, например, можно управлять включением/выключением освещения. Например, пусть имеется зал, в котором находятся 30 светильников. Их можно организовать в три равные группы по 10 светильников в каждой (или другим их количеством) и назначить по одной кнопке управления для каждой их них, осуществляя их произвольное одновременное включение или плавное гашение, а при необходимости ввести четвертую кнопку, которая будет осуществлять общее гашение света в зале. В любой момент времени можно изменить настройку управления светильниками - переопределить группы и кнопки управления, не производя при этом никаких электромонтажных работ.

Третья функция — "ШИМ" (PWM- широтно-импульсная модуляция). Эта встроенная функция позволяет управлять нагрузками постоянного тока. Частота преобразователя ШИМ равна 100Гц и он не требует для своей работы никаких внешних сигналов синхронизации. Уровень выходного сигнала этого узла будет зависеть от того, какой сигнал управления поступит от соответствующего ему узла типа "дискретный ввод".

Четвертая функция — "Реостат" (Dimmer). Эта встроенная функция подобна предыдущей функции и позволяет управлять нагрузками на переменном токе с помощью схемы фазового контроля. Для этого в преобразователе дополнительно используются входные линии синхронизации для отслеживания периода напряжения силовой сети.

Пятая функция — "Аналоговый ввод" (Analog Input). Служит для преобразования аналоговых входных сигналов напряжения постоянного тока в цифровой код в помощью встроенного АЦП. Получаемый код в последовательном виде передается из этой узла на другие узлы или в сетевой контроллер. С помощью дополнительных схем сопряжения узел с такой функцией может быть использован для контроля различных физических процессов, например, температуры.

Шестая функция — "Передача данных"(Data Output). Применяется для трансляции поступающих цифровых данных в последовательном виде на две выходные линии. Таким способом цифровые данные могут передаваться от одного узла к другому. Или такие принятые данные можно передать на какой-то программируемый микроконтроллер, например, PIC, Atmel, Cygnal и т.п., который сможет обработать их по своей специальной программе или управлять отображением на LCD индикаторе. И это еще не все - микроконтроллер Linet, получая собственное питание по "витой паре", имеет встроенный стабилизатор напряжения достаточной мощности и способен обеспечить питание еще и программируемого микроконтроллера, т.е. не потребуются никаких дополнительных батарей, аккумуляторов или источников питания. Таким образом, при необходимости узел можно сделать интеллектуальным, хотя для этого уже потребуются дополнительные затраты на программирование "внешнего" микроконтроллера.

Основные характеристики сети Linet такие:

тип канала для питания и передачи данных — один проводник "витая пара";

топология — произвольная (дерево, звезда, цепь), не зависящая от полярности проводников, не требует терминальных резисторов;

максимальное число узлов в сети(поддерживаемых одним сетевым контроллером) = 200;

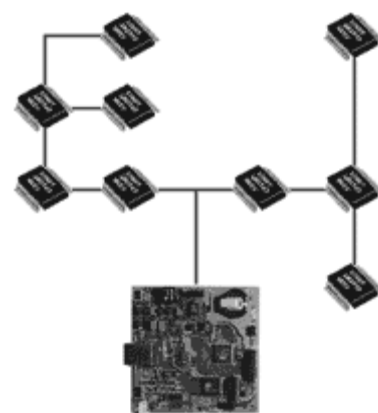
протяженность сети при максимальном числе узлов = 1000 м.

Изначально сеть проектировалась для управления системами освещения и другими системами, состоящими из простых одноканальных устройств. По мере роста ее популярности увеличивалось число областей, в которых ее применение оказалось выгодным и удобным. Прежде всего, в строительстве — при построении интеллектуальных офисов, квартир, гостиничных номеров, коттеджей, гаражных комплексов и паркингов, бассейнов и т.п. Кроме этого, такая сеть может быть с успехом применена в охранных системах, в системах мониторинга на различных участках промышленных объектов, в системах контроля и ограничения доступа к различному оборудованию или помещениям, на транспорте - в вагонах поездов, на больших грузовиках и автобусах, на катерах и яхтах.

В состав семейства Linet входит очень небольшое число компонентов, что скорее хорошо, чем плохо - процесс их изучения и применения не потребует ни значительного времени, ни сверх усилий. В настоящее время в состав семейства входят:

1. LN1003 — микросхема микроконтроллера узла
2. LIC 04 — плата контроллера сети Linet
3. LNH1003 — микроплата гибридного модуля на основе LN1003
4. LN2007 — микросхема контроллера сети Linet.

Строго говоря, для построения сети достаточно иметь только первые два компонента LN1003 и LIC04, однако фирма для удобства пользователей предлагает также микроплаты LNH1003 для построения систем-прототипов и быстрой реализации законченных систем, особенно при сравнительно небольшом числе узлов в сети.



Микросхема LN2007 - это "сердце" платы контроллера сети LIC04 - она может оказаться полезной в случае, если пользователь захочет создать свой собственный контроллер сети Linet, например, с целью его удешевления, для получения платы контроллера с другими размерами или для создания контроллера с большими функциональными возможностями.

Прежде чем узнать об этих компонентах подробнее, напомним кратко основные принципы функционирования сети Linet. Linet, или в расшифровке Light Control Network, является простой и недорогой локальной операционной сетью, предназначенной для управления "простыми", одноканальными устройствами типа лампа, реле, датчик, нагреватель и т.д., в системах контроля и сетевых информационных системах малого и среднего класса. В основе функционирования сети лежит взаимодействие сетевого контроллера и набора узловых микроконтроллеров (или просто "узлов"), которые соединяются между собой и с сетевым контроллером двумя проводниками типа "витая пара". Узлы, число которых в сети может быть в пределах 200, строятся на основе абсолютно идентичных микроконтроллеров LN1003. Выбор реализуемой узлом функции определяется типом подключаемого к нему физического устройства. На этапе конфигурации системы узлы могут объединяться в группы и иметь общее групповое управление режимом работы. Сетевой контроллер осуществляет полное управление сетью и взаимодействие с верхним уровнем системы. Он формирует сигнал синусоподобной формы, с помощью которого осуществляется как питание узлов, так и двунаправленный обмен информацией в сети.

LN1003 и LNH1003

LN1003 — это микросхема узлового микроконтроллера сети Linet. Микроконтроллер имеет заранее запрограммированные и готовые к использованию функции дискретного ввода и вывода, ШИМ выхода (включая опцию синхронизации), аналоговый ввод и сериальный ввод/вывод данных. С помощью последней функции в узел возможно включение внешнего программируемого микроконтроллера других семейств, который обеспечил бы узлу дополнительные функциональные возможности. LN1003 также содержит на кристалле энергонезависимую память (EEPROM) для хранения адреса в виде целого числа, находящегося в пределах от 1 до 200, и информацию о конфигурации узла. Как уже говорилось, основной принцип работы узла соответствует правилу "один узел - один канал". Однако для расширения функциональных возможностей узлов в последнюю версию микросхемы микроконтроллера фирма ввела еще три дополнительных программируемых бита вывода PO1..PO3, которые можно применить для управления внешним мультиплексором и обеспечения функции многоканальности в узлах.

Конструктивно микроконтроллер LN1003 выполнен в 28-выводном корпусе типа SSOP. Микросхема LN1003 является "первокирпичиком" сети - на ее основе необходимо создать полноценный узел, а для этого потребуются некоторые дополнительные внешние компоненты. Чтобы ускорить процесс освоения, апробации и даже внедрения "в жизнь" отдельных проектов, фирма предлагает готовые к использованию микроплаты узловых контроллеров, получивших наименование

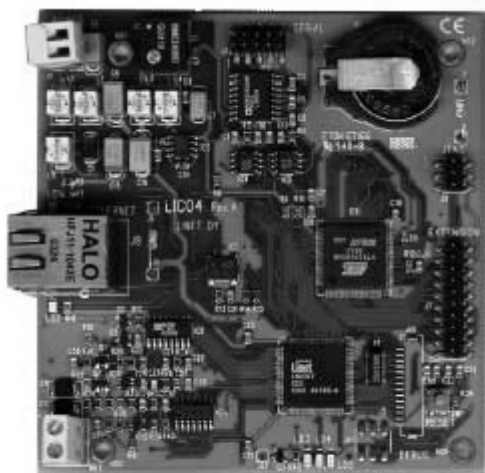
LNH1003, которые условно можно назвать гибридными модулями узлов. Они содержат все необходимые для работы пассивные компоненты, установленные на миниатюрной печатной плате, выполненной в размерах микросхемы DIL20W, по краям которой смонтированы жесткие выводы для распайки или установки в DIL-панель.

Сетевой контроллер LIC04

Основные параметры:

- автономный режим работы;
- сетевой протокол в режиме разделения времени с постоянным временем задержки;
- скорость передачи данных при полном дуплексе 200х80 бит/с внешний интерфейс RS232 или RS485;
- внешний Ethernet интерфейс;
- одиночное питание +24 В.

Сетевой контроллер LIC04 представляет собой небольшую электронную печатную плату и является основным элементом, обеспечивающим работу всей сети. Он формирует синусоподобный сигнал в виде переменного напряжения низкого уровня с двойным размахом 40В (п-п) и частотой 20 кГц, вследствие чего электромагнитные излучения при передаче данных практически отсутствуют. Нижняя полуволна этого сигнала используется для подачи питания на все узлы сети, а верхняя - для передачи информационного логического сигнала в виде "0" и "1".



Сетевой контроллер LIC04

Для выделения информации из сигнала несущей узловой микроконтроллер осуществляет интегрирование верхней полуволны, что обеспечивает наивысшую степень надежности при передаче информации. Сетевой контроллер содержит драйвер шины Linet, RISC контроллер и другие схемы для организации функций интерфейсов RS232/RS485 и Ethernet для подключения к Интернет/Интранет системам, а также шину расширения для локального микрокомпьютера. Он также содержит часы реального времени для автономных применений, требующих синхронизации. Максимальное число узлов в сети Linet, которое может обслужить один такой

контроллер, равно 200, а максимальная протяженность такой сети – 1000 м. Сети могут соединяться друг с другом посредством сетевых контроллеров для получения сетей большего размера.

ИНТЕРФЕЙС «ТОКОВАЯ ПЕТЛЯ»

Во многих промышленных приборах и оборудовании для передачи измерительной информации от первичных измерительных преобразователей используется токовый сигнал в диапазоне значений от 4 до 20 мА.

Преимущества этого интерфейса:

- Простота реализации;
- Небольшое количество проводов;
- Нечувствительность к шумам;
- Нечувствительность к изменению сопротивления проводов линии передачи сигнала;
- Возможность одновременно с сигналом преобразователя по тем же проводам передавать напряжение питания передатчика.

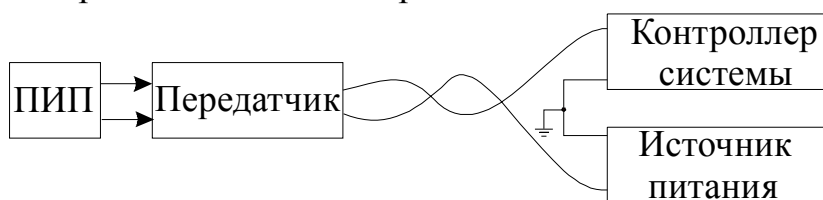


Рисунок Структурная схема реализации интерфейса «токовая петля»

Выбор ненулевого значения тока в качестве начальной точки шкалы позволяет: во-первых, реализовать дистанционное питание передатчика и ПИП по линии передачи сигнала, а во-вторых легко обнаружить повреждение в линии (обрыв или короткое замыкание). При этом общий ток потребления компонентов передатчика и ПИП не должен превышать 4 мА. Напряжение питания находится в пределах 12 – 40 В.

Простой двухпроводной интерфейс токовой петли между передатчиком и контроллером системы предполагает наличие трех типов передатчиков:

1. Аналоговый передатчик обеспечивает преобразование выходного сигнала ПИП в величину тока в линии, который анализируется контроллером.
2. Интеллектуальный передатчик первого типа состоит из микропроцессора, памяти, АЦП, к которому подключен ПИП, ЦАП управляющий величиной тока в линии в соответствии с сигналами ПИП. Передатчик может корректировать нелинейную

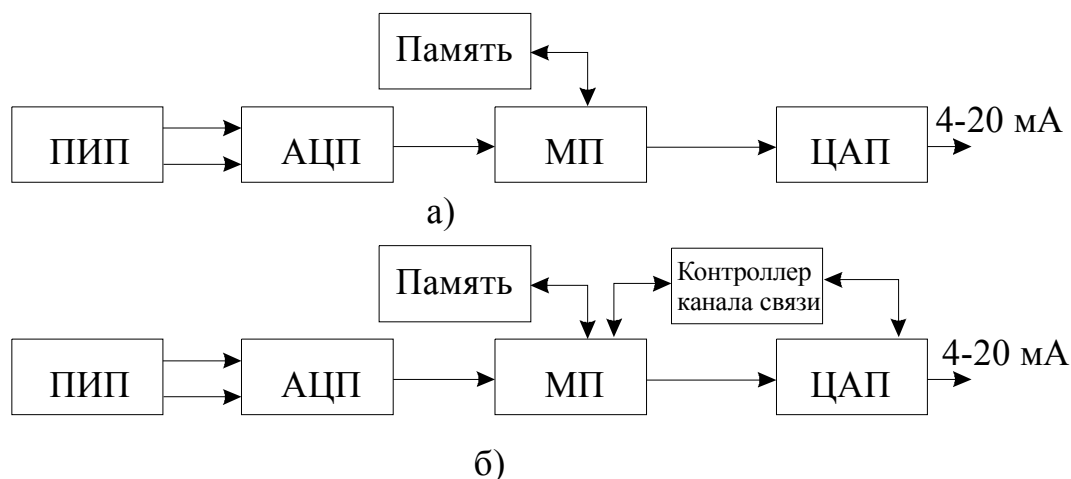


Рисунок 2 Структурная схема интеллектуального передатчика первого (а) и второго (б) типа

передаточную характеристику ПИП, периодически проводить калибровку, корректировать ошибки возникающие из-за изменений параметров окружающей среды, компенсировать начальное смещение и выполнять другую предварительную обработку сигналов, что позволяет при большом количестве ПИП освободить контроллер системы от перечисленных преобразований.

3. Интеллектуальный передатчик второго типа не только управляет током линии в соответствии с изменением преобразуемой величины, но и реализует двунаправленный цифровой канал связи с контроллером системы по той же линии передачи сигнала. Наличие канала связи позволяет передавать команды управления, что позволяет изменять значения калибровочных коэффициентов, идентифицировать ПИП и дистанционно диагностировать неисправности.

Интеллектуальные передатчики второго типа для передачи данных могут использовать HART (Highway Addressable Remote Transducer) – стандарт для передачи цифровых данных между передатчиком и контроллером системы через интерфейс токовой петли. Протокол базируется на стандарте Bell 202. Для передачи цифровых данных используется частотная модуляция сигналов без разрыва фазы. Для кодирования “0” используется частота 2.2 кГц, для кодирования “1” 1.2 кГц. Скорость передачи данных составляет 1200 бит/сек.

Протокол HART - широко известный промышленный стандарт для усовершенствования токовой петли 4-20 мА до возможности цифровой коммуникации. Использование этой технологии быстро растет, так как Заказчики уже оценили преимущества интеллектуального оборудования. Протокол HART позволяет передавать одновременно аналоговый и цифровой сигнал по одной и той же паре проводов. При этом сохраняется полная совместимость и надежность существующих аналоговых линий 4-20 мА.

HART это:

- **Открытый стандарт, работающий с любой системой управления**
Протокол HART поддерживается всеми ведущими производителями оборудования и программного обеспечения в области промышленной автоматизации.
- **Одновременная аналоговая и цифровая коммуникация**
HART-протокол позволяет передавать одновременно аналоговый и цифровой сигнал по одной и той же паре проводов.
- **Совместимость с существующим оборудованием 4-20 мА и линиями связи**
Фактически, датчики с HART можно ставить на место аналоговых и с помощью средств HART-коммуникации использовать все преимущества цифрового обмена уже в существующих аналоговых системах.
- **Удаленная диагностика и настройка**
Технический персонал может дистанционно осуществлять диагностику и настройку полевых приборов, используя для этого коммутатор или компьютер с соответствующим программным обеспечением. Это особенно удобно в зимний период времени, когда датчики расположены в труднодоступных местах, на больших расстояниях друг от друга, а так же в условиях вредных или опасных производств.
- **Возможность подключения к одной линии нескольких датчиков**
Объединение интеллектуальных датчиков в систему с цифровой передачей данных позволяет сократить расходы на кабельную продукцию, установку, наладку и на текущее техническое обслуживание.
- **Передача нескольких параметров одновременно**
HART-протокол удобен при работе с многопараметрическими приборами (например, расходомерами), т.к. позволяет получать информацию о нескольких переменных процесса по одной паре проводов.
- **Использование во взрывоопасных зонах**
Приборы, поддерживающие HART-протокол, могут устанавливаться во взрывоопасных зонах класса 0, класса 1 и класса 2.
- **Оперативная информация о состоянии прибора**
Непрерывная самодиагностика обеспечивает высокую надежность оборудования. Информация о состоянии прибора передается в каждом сообщении от устройства.
- **Доступ к параметрам прибора**
Пользователь имеет возможность прочитать любые параметры датчика: значения переменных, единицы и диапазон измерения, индивидуальные параметры прибора (позиция по проекту, дата последней калибровки).

HART протокол использует принцип частотной модуляции для обмена данными на скорости 1200 Бод. Схема, поясняющая работу приборов по HART протоколу, представлена на рис.3.

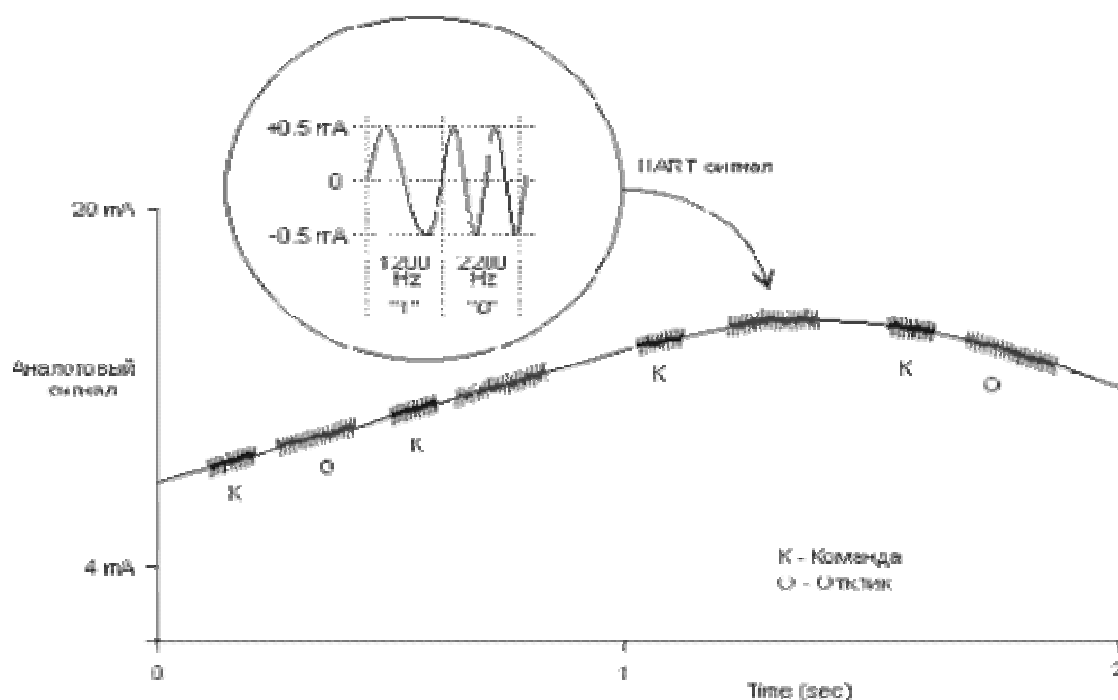


Рис.3 Принцип обмена данными по HART-протоколу

Для передачи логической "1" HART использует один полный период частоты 1200 Гц, а для передачи логического "0" - два неполных периода 2200 Гц.

Как видно на рисунке, HART составляющая накладывается на токовую петлю 4-20 мА. Поскольку среднее значение синусоиды за период равно "0", то HART сигнал никак не влияет на аналоговый сигнал 4-20 мА.

HART протокол построен по принципу "главный - подчиненный", то есть полевое устройство отвечает по запросу системы. Протокол допускает наличие двух управляющих устройств (управляющая система и коммутатор).

Существует два режима работы датчиков, поддерживающих обмен данными по HART протоколу.



Рис.4 Режим передачи цифровой информации одновременно с аналоговым сигналом

Режим передачи цифровой информации одновременно с аналоговым сигналом представлен на рис.4. Обычно в этом режиме датчик работает в аналоговых АСУ ТП, а обмен по HART-протоколу осуществляется посредством HART коммуникатора или компьютера. При этом можно удаленно (расстояние до 3000 м) осуществлять полную настройку и конфигурирование датчика.

Теперь оператору нет необходимости обходить все датчики на предприятии, он может их настроить непосредственно со своего рабочего места.

В многоточечном режиме (рис.5) датчик передает и получает информацию только в цифровом виде. Аналоговый выход автоматически фиксируется на минимальном значении (только питание устройства - 4 мА) и не содержит информации об измеряемой величине. Информация о переменных процесса считывается по HART-протоколу.

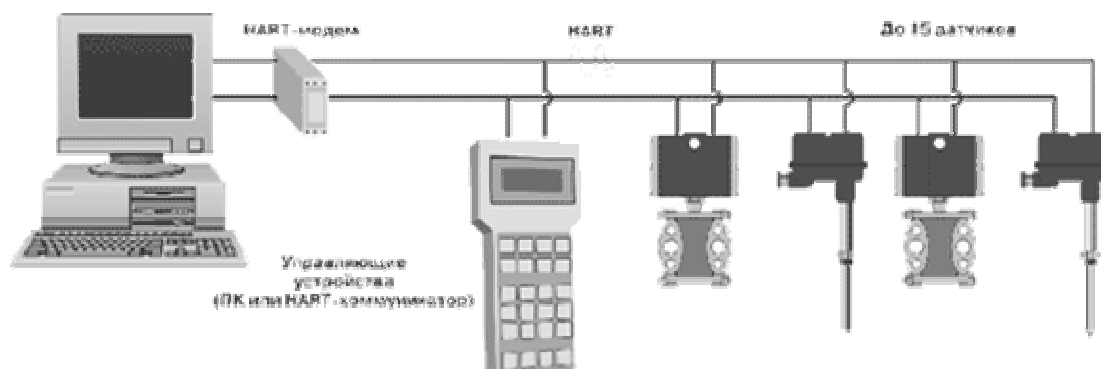


Рис.5 Многоточечный режим работы датчиков

К одной паре проводов может быть подключено до 15 датчиков. Их количество определяется длиной и качеством линии, а так же мощностью блока питания датчиков. Все датчики в многоточечном режиме имеют свой уникальный адрес от 1 до 15, и обращение к каждому идет по соответствующему адресу. Коммуникатор или система управления определяет все датчики, подключенные к линии, и может работать с любым из них.

Обычно в аналоговой АСУТП присутствует множество интеллектуальных полевых приборов, работающих в режиме 4-20мА + HART. В этом случае удаленная настройка и конфигурирование датчиков при помощи HART-коммуникатора или HART-модема требует последовательного подключения коммуникационного устройства к каждой линии 4-20 мА, идущей от соответствующих приборов. Для решения поставленной задачи предлагается использовать HART-мультиплексор. При таком подходе приборы продолжают передавать измерительную информацию в систему по токовому выходу 4-20 мА, а их конфигурация может быть изменена с одного цифрового выхода управляющей системы. Связь мультиплексора с системой управления осуществляется по интерфейсу RS485 или RS232. При этом можно объединить в сеть около 500 приборов (например, 30 мультиплексоров соединенных по RS485, 16 каналов каждый). Структурная схема работы мультиплексора в аналоговой

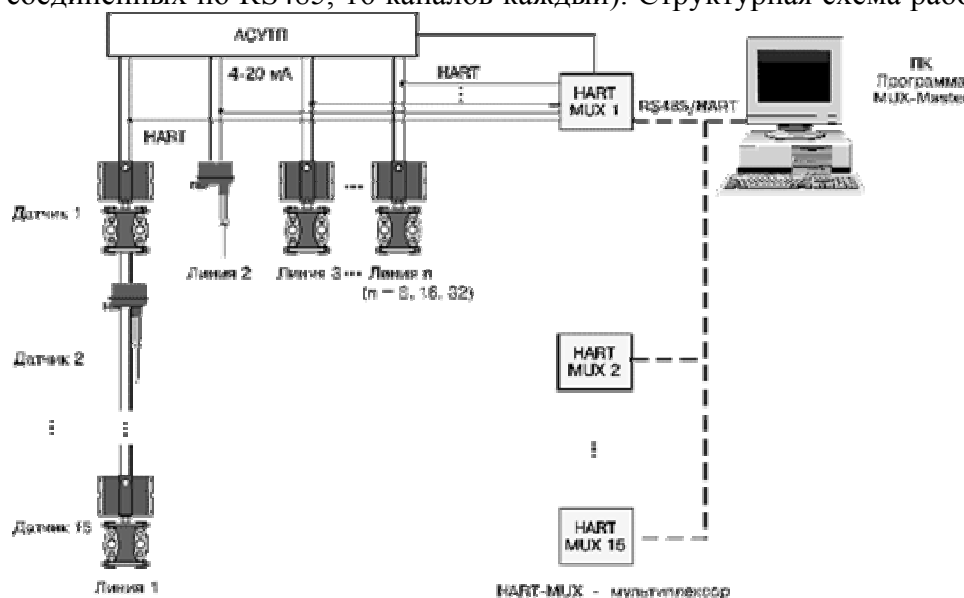
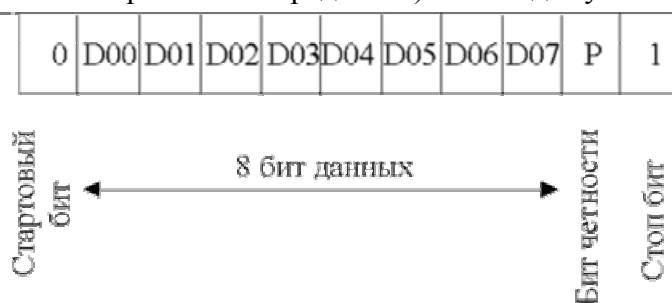


Рис.6 Управление полевыми приборами через мультиплексор

системе представлена на рисунке 6 (линии 2,3,...n).

Существует возможность построения с помощью мультиплексора цифровой системы сбора и визуализации информации. В этом случае каждый канал мультиплексора может опрашивать до 15 датчиков, подключенных к одной токовой петле. При таком подключении затраты на кабельную продукцию существенно снижаются (рисунк 6, линия 1).

HART-сообщение кодируется как последовательность 8-разрядных байт, которые передаются с использованием стандартного UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter - Универсальный Асинхронный Приемник/Передачик). К каждому байту добавляется стартовый бит, бит четности и



Это позволяет принимающему устройству UART распознавать начало каждого символа и обнаружить ошибку в разрядах из-за помех. HART использует проверку на четность. Таким образом, одиночный 8-разрядный байт посылается как следующая последовательность

битов : 1 начальный бит (0), 8 битов информации, 1 бит четности и 1 конечный бит (1). Бит четности верный (1), если количество единиц в информационном байте четное.

Существует три типа HART команд: универсальные, общие и специальные.



Универсальные команды поддерживают все полевые HART-приборы. Эти команды обеспечивают интероперабельность между продуктами от разных производителей и доступ к наиболее общей информации, одинаковой для всех полевых приборов: переменные процесса, производитель, модель и маркировка.

Общие команды представляют функции, которые выполняют большое количество полевых устройств. Эти команды являются необязательными. Они включают такие действия как изменение диапазона, выбор единиц измерения и самотестирование. Обычно полевое HART-устройство поддерживает 12-15 общих команд.

Специальные команды различны для каждого прибора. Эти команды представляют уникальные

функции устройства или способы доступа к данным и назначаются производителем.

Однако без подробного технического описания каждого полевого устройства трудно создавать программное обеспечение, использующее функции прибора в полном объеме. Эту возможность обеспечивает язык описания устройства (Device Description Language). Производители полевого оборудования применяют DDL для создания описания устройства (DD) со всеми уникальными характеристиками приборов. Таким образом, DDL-совместимая система может использовать все возможности устройства, включая поддержку специальных команд. Центральная база данных всех описаний устройств поддерживается фондом HART-коммуникации (HART Communication Foundation). Таким образом, приборы от разных производителей становятся полностью совместимыми.

Часто мы употребляем так называемые крылатые фразы, даже не подозревая об их происхождении. Вернемся к нашим баранам - этими словами в фарсе "Адвокат Пьер Патлен" (ок.1470), первом из цикла анонимных фарсов об адвокате Патлене, судья прерывает речь богатого суконщика. Возбудив дело против пастуха, стянувшего у него овец, суконщик, забывая о своей тяжбе, осыпает упреками защитника пастуха, адвоката Патлена, который не уплатил ему за шесть локтей сукна. (используется для проверки: читают ли конспект студенты).

Для расширения возможностей протокола фондом HART коммуникации была утверждена версия протокола HART 6.0. Основным усовершенствованием этой версии является разработка нового фазомодулированного способа передачи данных, позволяющего значительно увеличить скорость обмена информацией (от двух транзакций в секунду в версии 5.0 до 12 в версии 6.0). Новые спецификации HART 6.0 приведены в соответствие стандартам ISO и IEC (Международной электротехнической комиссии). Так же в новой версии протокола расширен список стандартных команд. Основным требованием HART 6.0 является обеспечение обратной совместимости версий, то есть новая версия совместима с предыдущими.

Локальные сети на основе протокола X-10

При использовании протокола передачи и метода модуляции X-10, передача команд и данных осуществляется по линиям силовой сети (220 В) в моменты времени привязанные к переходу напряжения через ноль (задержка от времени перехода не более 200 мкс). Передача осуществляется импульсами длительностью 1 мс с заполнением частотой 120 кГц. Наличие частотной посылки в определенный момент соответствует передаче логической единицы, отсутствие частотной посылки – нулю.

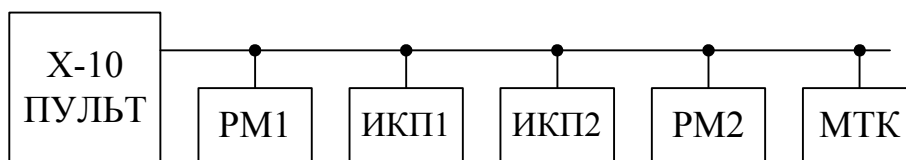
Протокол X-10 характеризуется очень низкой помехозащищенностью, что делает его практически неприменимым в многоквартирных домах. Кроме того он имеет ограниченный набор команд и функций и очень низкое быстродействие, поскольку для повышения помехозащищенности некоторые биты команды передаются дважды (второй бит передается с инверсией). Длительность стандартизированной команды с учетом паузы между командами составляет 14 периодов сетевого напряжения или 280 мс.

Несмотря на свои недостатки, протокол достаточно широко используется для автоматизации отдельных коттеджей, дач и домов с применением специальных сетевых фильтров для повышения помехозащищенности и секретности. С использованием этого протокола уже создан и имеется в продаже достаточно широкий набор устройств.

К активным устройствам относятся пульты с проводным и инфракрасным (через специальный приемник) соединением с сетью, таймеры, а также голосовые анализаторы команд (воспринимающие речевые команды). Все активные устройства могут передавать команды в силовую сеть. К силовой сети через специальные переходные розетки подсоединяются различные бытовые устройства, например, лампы освещения, электрочайники, кухонные комбайны, отопительные системы, аудио- и видеотехника, системы сигнализации, системы открывания дверей, ворот гаражей, системы охранной сигнализации и т.п. Кроме того, к сети через специальные адаптеры могут подключаться различные датчики и измерители (температуры, влажности, давления, вибрации и др.).

В составе системы имеются информационные панели, которые могут выводить показания этих датчиков. Некоторые, наиболее развитые системы имеют встроенные модемы, для получения команд и передачи информации по различным сетям. Ориентировочная стоимость базового комплекта, включающего один пульт управления и несколько розеток X-10 для подключения ламп освещения составляет несколько сот долларов.

Структурная схема системы домашней автоматизации на основе протокола X-10 приведена на рисунке.



Структурная схема сети на основе протокола X-10

Она включает такие узлы:

X-10 пульт, содержащий клавиатуру и ЖКИ, а также встроенный модем для получения команд по телефонной сети и интерфейс к силовой сети;

PM1 – регулятор мощности для регулирования яркости ламп накаливания общего освещения дома;

ИКП1, ИКП2 – модули управления кондиционерами, радиоприемниками, телевизорами и другой бытовой техникой, оснащенной инфракрасными пультами управления. Модули воспринимают команды управления по силовой сети и вырабатывают команды инфракрасного управления для бытовой техники;

PM2 – регулятор мощности для настольной лампы. Кроме получения команд по силовой сети он имеет встроенные органы управления для задания яркости свечения.

МТК – модуль температурного контроля, предназначен для измерения температуры и управления терморегуляторами.

KP1446XK1**Приемопередатчик по сети переменного тока 110-380V**

Микросхема KP1446XK1 выполняет функцию приема и передачи цифровой информации по сетям переменного тока 110-380V.

Скорость передачи может принимать одно из четырех возможных значений: 124 бит/сек; 248 бит/сек; 496 бит/сек, 992 бит/сек и задается во время программирования приемопередатчика.

В сетевом приемопередатчике (СПП) используется помехозащищенное кодирование цифровой информации для исправления одиночных и обнаружения двойных ошибок, которые могут возникать при передаче из-за помех в сети.

Приемопередатчик позволяет использовать уже имеющиеся линии силовой электросети для создания: систем сбора информации, локальных сетей передачи данных, систем централизованного контроля и управления электрооборудованием, систем охраны и сигнализации.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Использование частотной манипуляции для передачи информации
2. Возможность выбора несущей частоты
3. Программируемая скорость передачи до 992 бит/сек
4. Помехозащищенное кодирование информации: исправление одиночных и обнаружение двойных ошибок
5. Стандартный 22-выводной DIP корпус

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА**ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ**

Передача информации осуществляется с помощью частотной манипуляции сигнала - "1" и "0" передаются разными частотами, незначительно отличающимися от центральной в большую и меньшую сторону. Частотно манипулированный сигнал через развязывающий трансформатор передается в линию 110-380 В. Буферный каскад предназначен для согласования высокого выходного сопротивления микросхемы с низким входным сопротивлением линии при передаче сигнала в линию и для фильтрации переменного напряжения 50 Гц при приеме.

Микросхема выпускается в двух модификациях – со встроенным фильтром на входе IN и без него. Во втором случае для улучшения приема рекомендуется использовать внешний фильтр.

Центральная частота	Частота передачи "0"	Частота передачи "1"
66.66 кГц	62.5 кГц	71.43 кГц
100 кГц	95.24 кГц	105.26 кГц
133.33 кГц	129.03 кГц	137.93 кГц

ПРИЕМ ИНФОРМАЦИИ

Приемник постоянно анализирует данные, приходящие на вход. Если приходит код слова синхронизации, а за ним код адреса, который совпадает с собственным адресом (или с общим адресом = 10111001 мл), то следующие за ними 2 байта информации считаются предназначенными данному приемопередатчику, они записываются в буфер приема, а на выходе RX приемопередатчик выставляет высокий уровень, что является флагом того, что получена новая информация. В результате помех в сети возможно искажение информации. В каждом из принимаемых байтов (адрес и данные) приемник исправляет ошибки в одном бите и обнаруживает двойные ошибки (в этом случае на выходе ERR2 приемопередатчик выставляет высокий уровень). Полученная информация будет храниться в буфере приема и может быть прочитана однократно или многократно в любое удобное время независимо от работы блоков приемника и передатчика

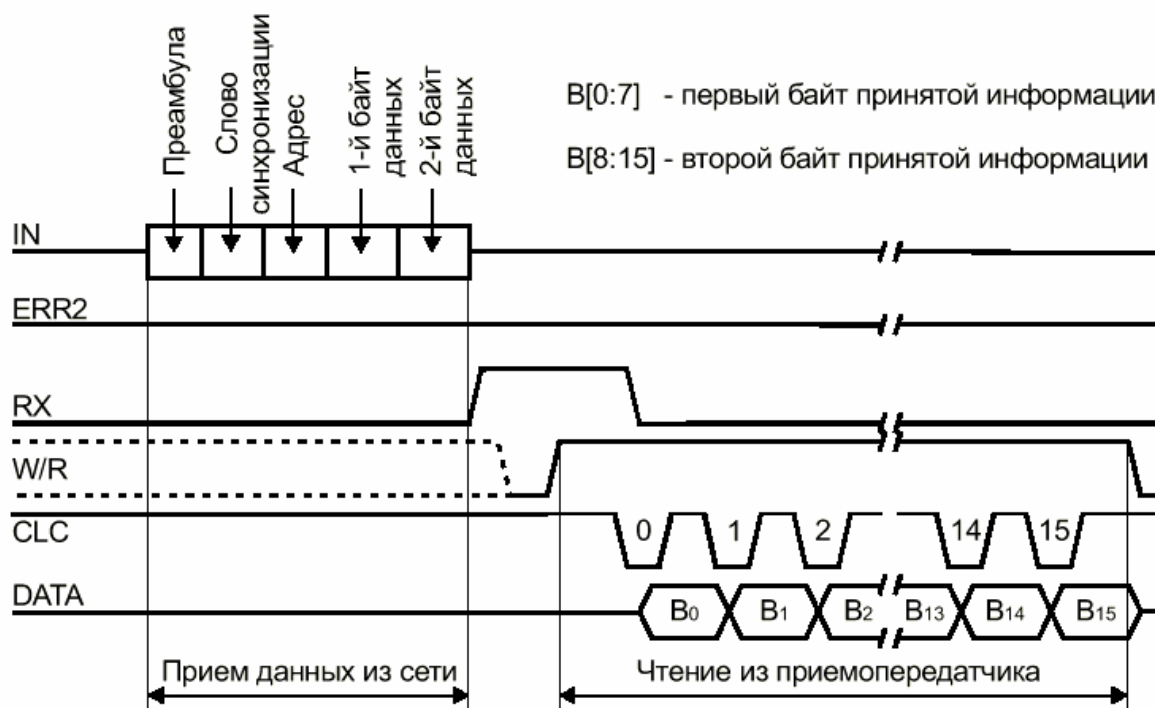


Диаграмма приема информации

Процедуру чтения информации из буфера приема можно начинать сразу после появления флага RX. Для этого необходимо выставить на входе W/R высокий уровень и выдать 16 импульсов CLK. Фронт W/R необходим для правильного выполнения процедуры чтения, поэтому если вход W/R уже находился в высоком уровне до этого, то необходимо сбросить его в "0", а затем установить "1". Первый импульс CLK сбрасывает флаги RX и ERR2. Приемопередатчик изменяет информацию на входе DATA по низкому уровню CLK. Оба байта полученных данных выдаются младшими битами вперед.

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

Чтобы выполнить процедуру записи информации в буфер передачи необходимо выставить на входе W/R низкий уровень и выдать 24 импульса CLK. Срез W/R необходим для правильного выполнения процедуры чтения, поэтому если вход W/R уже находился в низком уровне до этого, то необходимо установить его в “1”, а затем установить “0”. Информацию на входе DATA следует изменять по низкому уровню CLK. Минимальный период сигнала CLK – 1мкс. Передается адрес приемопередатчика, которому адресуется информация (или общий адрес = 10111001 мл в этом случае информация будет принята всеми приемопередатчиками в данной сети) и 2 байта информации. Все байты передаются младшими битами вперед.

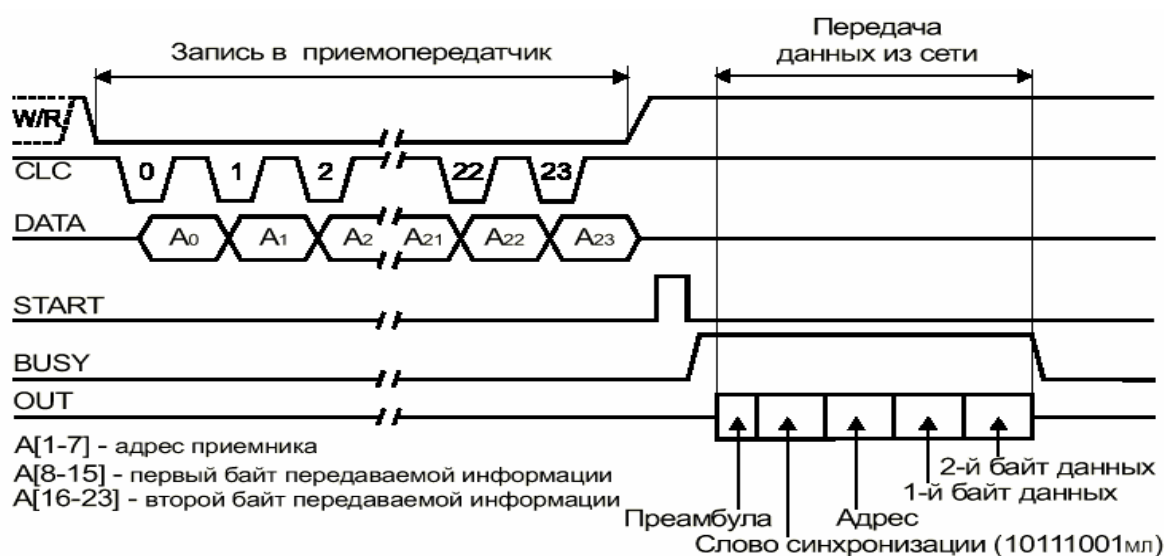


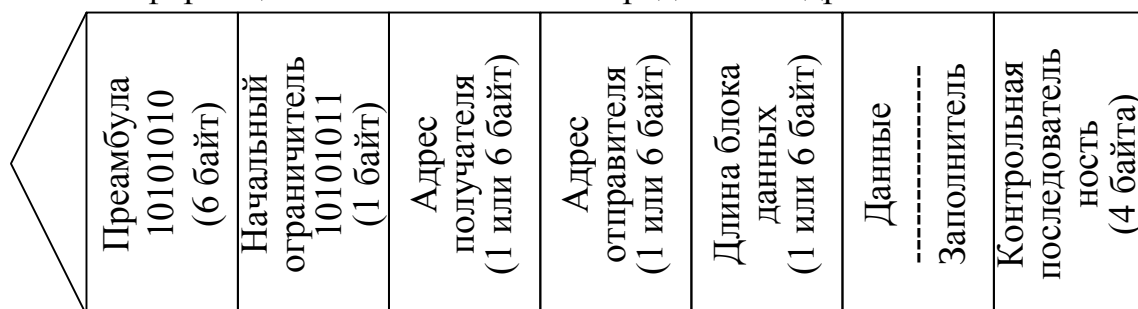
Диаграмма передачи информации

После того как информация записана в буфер передачи, она может быть выдана однократно или многократно в сеть. Передача запускается фронтом импульса START. Время передачи зависит от запрограммированной скорости. Во время процесса передачи на выходе BUSY устанавливается “1”, а работа приемника блокируется. В простейшем случае возможно передать сигнал от одного приемопередатчика другому без предварительной записи буфера передачи и программирования установок. Для этого нужно обнулить все приемопередатчики сигналом RESET, после чего все адреса, данные, скорости и частоты устанавливаются в свое значение по умолчанию равное 01h. Затем выдать сигнал START. Посланная таким образом информация 01h, 01h по адресу 01h будет принята всеми приемопередатчиками в данной сети что будет отмечено появлением флага RX. Сброс RX выполняется сигналом RESET или 1-м импульсом CLK во время чтения буфера приема.

Сеть шинной топологии Ethernet.

В настоящее время среди магистральных локальных сетей наиболее широкое распространение получила сеть **Ethernet**. Успешный опыт эксплуатации этой сети позволил взять ее за основу при разработке стандарта IEEE-802.3 для магистральных сетей с множественным доступом, контролем передачи и обнаружением столкновений.

Информация по сети **Ethernet** передается кадрами.



Кадр начинается преамбулой, отвечающей за побитовую синхронизацию передачи и приема данных сетевым адаптером. Начало поступления информации связано с появлением начального ограничителя кадра, отличающегося от преамбулы значением двух последних разрядов.

В поле адреса получателя размером 2 или 6 байт указывается адрес станции, которой направляется данный кадр. Первый бит адреса определяет тип адресации: нулю соответствует режим индивидуальной адресации, а единице - групповой адресации. Поле адреса отправителя имеет длину, равную длине поля адреса получателя, при этом первый его бит всегда равен нулю.

Блок данных может иметь различную длину, поэтому для определения места его окончания необходимо указывать длину блока данных.

Стандартом IEEE-802.3 определяется максимальная (1512 бит) и минимальная (512 бит) длина кадра. Ограничение на минимальную длину кадра связано с механизмом обнаружения конфликтов. При передаче слишком коротких сообщений подсистема может успеть завершить передачу кадра до обнаружения конфликта. В этом случае будет считаться, что кадр передан без столкновения и не будет сделана попытка его повторной передачи.

Время, в течение которого подсистема может обнаружить наличие кадра другой подсистемы, называется окном конфликтов. Длительность окна конфликтов определяется временем распространения сигналов между двумя крайними подсистемами. Считается, что по истечении времени, равного окну конфликта, подсистема захватила передающую среду, поскольку за это время все остальные подсистемы должны обнаружить наличие передачи со стороны данной станции. Стандартом определяется максимальное значение окна конфликтов, которое используется для расчета параметров сети, в том числе минимальной длины кадра и максимальной длины сети.

Максимальная длина кадра связана с вероятностью появления ошибки в кадре при его передаче. В конце кадра находится поле длиной четыре байта, в котором содержится контрольная последовательность кадра, вычисляемая с помощью стандартного образующего полинома 32-й степени.

ОБЪЕДИНЕНИЕ РАЗНОРОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Корпоративной называется сеть, образованная путем объединения разнородных сетей. Развитие корпоративных сетей связано с разработкой специальных средств комплексирования и межсетевых протоколов. Комплексирование может осуществляться на различных уровнях Эталонной модели взаимодействия открытых систем. В зависимости от уровня комплексирования и выполняемых функций различают: повторители, мосты, маршрутизаторы и шлюзы.

ПОВТОРИТЕЛЕМ называется устройство комплексирования физического уровня Эталонной модели, осуществляющее согласование электрических параметров сопрягаемых сетей. Повторители используются для объединения сегментов, как с одинаковыми, так и с различными характеристиками физической среды передачи данных. Например, при объединении сегментов сети 10BASE5 и 10BASE2 обеспечивает согласование физических и электрических параметров толстого и тонкого коаксиальных кабелей. В рамках однородной сети повторители используются с целью увеличения длины сети и количества подключаемых абонентских систем.

Следующим уровнем, на котором осуществляется объединение сетей, является канальный уровень. Устройство объединения сетей на канальном уровне получило название мост. В процессе работы **МОСТ** осуществляет избирательную трансляцию кадров из одной сети в другую. Трансляции подвергаются только кадры данных адресованные абонентам других сетей

Локальные и глобальные сети используют различные протоколы передачи информации, поэтому при их объединении необходимо обеспечить согласование протоколов практически на всех уровнях Эталонной модели, устройство реализующее эти функции называется **ШЛЮЗОМ**.

При наличии нескольких шлюзов, удаленных друг от друга на значительные расстояния, формируется некоторая связующая сеть с единым межсетевым протоколом, называемая интерсетью. К этой сети подключаются различные локальные сети. Для построения инфраструктуры интерсети используются **маршрутизаторы**. Основное назначение маршрутизатора – выбор оптимального направления передачи информации.

Доступ абонентских систем к моноканалу

Эффективность взаимодействия подсистем в рамках локальной сети в основном определяется используемым правилом доступа к общей передающей среде в сетях с шинной и кольцевой топологией или к концентратору в древовидных и звездообразных сетях.

Правило, с помощью которого организуется доступ подсистем к передающей среде, называется **методом доступа**.

В качестве критерия эффективности метода доступа используется время доступа к передающей среде, представляющее собой промежуток времени между появлением запроса на передачу данных и собственно началом передачи информации.

Управление доступом к моноканалу может быть централизованным или децентрализованным. При централизованной форме. Доступ к моноканалу осуществляется по указанию специальной управляющей (мониторной или супервизорной) подсистемы, подключаемой к передающей среде как и любая другая подсистема. Децентрализованная форма основана на принципе самоуправления или конкуренции за право захвата моноканала, каждая подсистема сама принимает решение о возможности доступа к передающей среде.

В рамках децентрализованной формы управления различают два основных семейства методов доступа: методы типа ALOHA и методы типа CSMA/CD.

Появление методов случайного (децентрализованного) доступа связывают с любительской радиосетью ALOHA, где впервые был реализован простейший метод случайного доступа.

В первом семействе можно выделить три основных метода: **простой ALOHA**, **ALOHA с сегментированием** и **управляемый ALOHA**.

По методу **простой ALOHA** подсистема может передавать информацию в любой момент времени. Этот метод ничем не ограждает сеть от конфликтов и ориентируется только на небольшую нагрузку локальной сети, (порядка десятка подсистем) и малую вероятность того, что две подсистемы могут одновременно начать передачу информации. Во избежание приема ошибочной информации кадр данных дополняется контрольной суммой. Принимающая подсистема выдает подтверждение только при приеме данных с правильной контрольной суммой.

В основу метода **ALOHA с сегментированием** положен принцип выделения каждой подсистеме сегментов времени, в течении которых она может передать кадр информации. В результате этого снижается вероятность конфликта в моноканале, который возможен только в период начала передачи кадра.

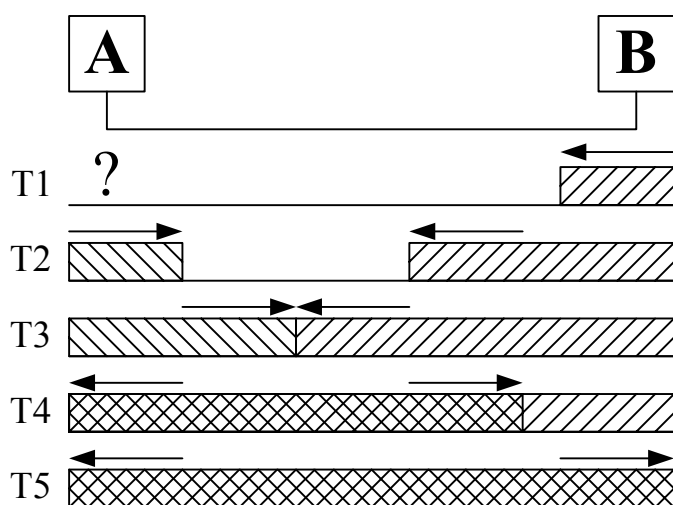
Методы **ALOHA с управлением** обеспечивает передачу сегментов времени, выделенных для подсистем, которые не использовали эти сегменты, другим подсистемам, более нуждающимся в этих сегментах. В этом случае такие сегменты времени считаются не зарезервированными и могут передаваться во временное пользование другим подсистемам.

Использование методов ALOHA предполагает применение простых в реализации аппаратных средств со средним быстродействием.

Вероятность "столкновений" сообщений (конфликтных ситуаций) зависит от интенсивности обращения подсистем сети к передающей среде и существенно

возрастает при ее увеличении. Снижение коэффициента полезного использования моноканала при возрастании количества "столкновений" определило поиск возможностей совершенствования метода случайного доступа. Одним из способов снижения количества конфликтов является предварительное прослушивание передающей среды и начало передачи только при наличии свободного канала. Такой режим передачи получил название CSMA множественного доступа с контролем несущей частоты (МДКН). Однако и в этом случае из-за конечного времени распространения сигналов невозможно полностью избежать конфликтов. Каждые 100 метров кабеля вносят задержку длительностью 450 нс. При скорости передачи 10 Мбит/с сегмент длиной 100 м можно представить в виде памяти емкостью 4,5 бита.

Рассмотрим процесс возникновения конфликта (столкновения) передаваемых данных.



В начальный момент времени T_1 подсистема А прослушивает передающую среду, однако из-за конечного времени распространения сигнала не обнаруживает сообщение посылаемое подсистемой В. В момент времени T_2 подсистема А начинает передачу информации, в результате чего в момент времени T_3 сообщения сталкиваются. Дальнейшая передача сообщений теряет смысл. С целью своевременного обнаружения конфликтов подсистема в процессе передачи

информации постоянно контролирует среду и при появлении "столкновения" прекращает передачу. Так подсистема А прекращает передачу в момент времени T_4 , а подсистема В - в момент времени T_5 .

Наличие конфликтов определяется путем сравнения передаваемой информации с информацией в канале передачи. Через некоторый промежуток времени после прекращения передачи конфликтующие подсистемы осуществляют повторную попытку передачи информации. Время задержки определяется с помощью специальных алгоритмов, направленных на снижение вероятности повторного конфликта. Подобный режим получил название CSMA/CD - множественного доступа с контролем несущей частоты и обнаружением столкновения МДКН\ОС.

В группе методов CSMA/CD можно выделить следующие: ненастойчивые, настойчивые, прогнозирующие, сегментируемые, приоритетные, беспriorитетные, резервируемые. Большое количество методов в данной группе объясняется стремлением различных фирм производителей обеспечить максимальную эффективность использования микросредств доступа к моноканалу за счет более узкой специализации схем и их ориентации на конкретную технологию производства блоков доступа.

Ненастойчивые методы удлиняют каждый раз после конфликта паузу ожидания на детерминированную величину, определяемую счетчиком числа конфликтов.

Настойчивые методы удлиняют паузу ожидания на случайную величину, вырабатываемую генератором случайных чисел, диапазон которых определяется

числом подсистем, подключенных к моноканалу.

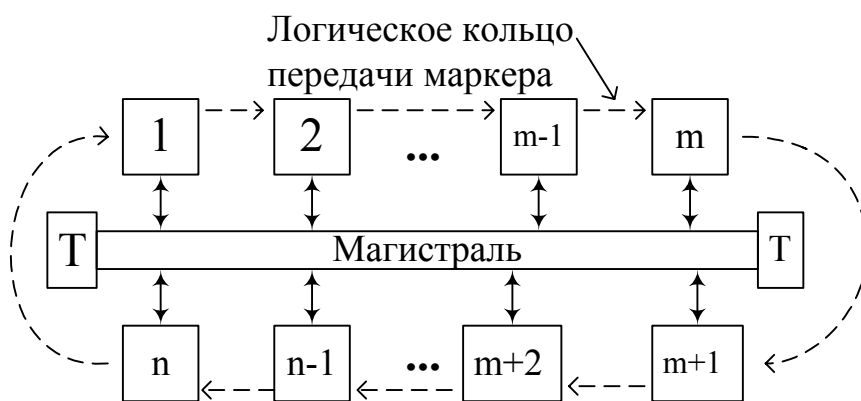
Прогнозирующие методы определяют паузу ожидания в зависимости от предыстории интенсивности передачи кадров в моноканале, регистрируемой специальным счетчиком. На основании показаний этого счетчика устанавливают паузу перед повторной передачей данных.

Приоритетные методы реализуют приоритет той или иной системы в виде времени, в течение которого данная система может использовать моноканал. Чем выше приоритет, тем большее время может занимать моноканал подсистема.

Существует ряд разновидностей протокола CSMA/CD. Протокол CSMA, первая разновидность этого протокола, в которой сеть прослушивается только до начала передачи, а коллизии обнаруживаются на логическом уровне путем получения или неполучения подтверждения о приеме пакета от получателя. В последние годы стала популярной ещё одна разновидность этого протокола CSMA/CA (Carrier-Sense Multiple Access/Collision Avoidance, т.е. с избеганием коллизий). При этом протоколе узел ожидает освобождения сети, но после этого передает не сами данные, а специальный сигнал (Intention), извещающий другие станции о его намерении передавать информацию. Если в сети нет искажения этого сигнала (это устанавливает прослушивание), значит он воспринят другими станциями и можно без помех передавать данные. Таким образом, возможна только коллизия специальных сигналов, а не самих информационных пакетов.

В локальных сетях с большим числом абонентов достаточно широко используется метод детерминированного доступа, получивший название **метод множественного доступа с передачей полномочий** (метод маркерного доступа). При использовании данного метода, в локальной сети передается специальная управляющая информация-маркер, при поступлении которой подсистема получает разрешение на передачу информации. После окончания передачи подсистема обязана передать маркер

следующей подсистеме. При отсутствии необходимости в передаче сообщения подсистема, получившая маркер, немедленно передает его следующей подсистеме. Последняя подсистема передает маркер первой подсистеме, образуя, таким образом, логическое кольцо передачи маркера.



К недостаткам метода относится возможность потери маркера или его раздвоения, что может привести к неправильной работе сети. Поэтому необходимо с помощью специальных процедур постоянно отслеживать потерю маркера или появление нескольких маркеров.

Беспроводные сети

Базовый стандарт IEEE 802.11

Стандарт IEEE 802.11, разработка которого была завершена в 1997 г., является базовым стандартом и определяет протоколы, необходимые для организации беспроводных локальных сетей (WLAN). Основные из них - протокол управления доступом к среде MAC (Medium Access Control - нижний подуровень канального уровня) и протокол РНУ передачи сигналов в физической среде. В качестве последней допускается использование радиоволн и инфракрасного излучения.

Протокол доступа к среде (MAC)

Стандартом 802.11 определен единственный подуровень MAC, взаимодействующий с тремя типами протоколов физического уровня, соответствующих различным технологиям передачи сигналов - по радиоканалам в диапазоне 2,4 ГГц с широкополосной модуляцией с прямым расширением спектра (DSSS) и перескоком частоты (FHSS), а также с помощью инфракрасного излучения. Спецификациями стандарта предусмотрены два значения скорости передачи данных - 1 и 2 Мбит/с.

По сравнению с проводными ЛС Ethernet возможности подуровня MAC расширены за счет включения в него ряда функций, обычно выполняемых протоколами более высокого уровня, в частности, процедур фрагментации и ретрансляции пакетов. Это вызвано стремлением повысить эффективную пропускную способность системы благодаря снижению накладных расходов на повторную передачу пакетов.

В качестве основного метода доступа к среде стандартом 802.11 определен механизм CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - множественный доступ с обнаружением несущей и предотвращением коллизий).

Управление питанием

Для экономии энергоресурсов мобильных рабочих станций, используемых в беспроводных ЛС, стандартом 802.11 предусмотрен механизм переключения станций в так называемый пассивный режим с минимальным потреблением мощности.

Архитектура и компоненты сети

В основу стандарта 802.11 положена сотовая архитектура, причем сеть может состоять как из одной, так и нескольких ячеек. Каждая сота управляется базовой станцией, называемой *точкой доступа* (Access Point, AP), которая вместе с находящимися в пределах радиуса ее действия рабочими станциями пользователей образует *базовую зону обслуживания* (Basic Service Set, BSS). Точки доступа многосотовой сети взаимодействуют между собой через *распределительную систему* (Distribution System, DS), представляющую собой эквивалент магистрального сегмента кабельных ЛС. Вся инфраструктура, включающая точки доступа и распределительную систему, образует *расширенную зону обслуживания* (Extended Service Set).

Стандартом предусмотрен также односотовый вариант беспроводной сети, который может быть реализован и без точки доступа, при этом часть ее функций выполняются непосредственно рабочими станциями.

Роуминг

Для обеспечения перехода мобильных рабочих станций из зоны действия одной точки доступа к другой в многосотовых системах предусмотрены специальные

процедуры сканирования (активного и пассивного прослушивания эфира) и присоединения (Association), однако строгих спецификаций по реализации роуминга стандарт 802.11 не предусматривает.

Обеспечение безопасности

Для защиты WLAN стандартом IEEE 802.11 предусмотрен целый комплекс мер безопасности передачи данных под общим названием Wired Equivalent Privacy (WEP). Он включает средства противодействия несанкционированному доступу к сети (механизмы и процедуры аутентификации), а также предотвращение перехвата информации (шифрование).

Стандарт IEEE 802.11a

Является наиболее "широкополосным" из семейства стандартов 802.11, предусматривая скорость передачи данных до 54 Мбит/с (редакцией стандарта, утвержденной в 1999 г., определены три обязательных скорости - 6, 12 и 24 Мбит/с и пять необязательных - 9, 18, 36, 48 и 54 Мбит/с).

В отличие от базового стандарта, ориентированного на область частот 2,4 ГГц, спецификациями 802.11a предусмотрена работа в диапазоне 5 ГГц. В качестве метода модуляции сигнала выбрано ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM). Наиболее существенное различие между этим методом и радиотехнологиями DSSS и FHSS заключается в том, что OFDM предполагает параллельную передачу полезного сигнала одновременно по нескольким частотам диапазона, в то время как технологии расширения спектра передают сигналы последовательно. В результате повышается пропускная способность канала и качество сигнала.

К недостаткам 802.11a относятся более высокая потребляемая мощность радиопередатчиков для частот 5 ГГц, а так же меньший радиус действия (оборудование для 2,4 ГГц может работать на расстоянии до 300м, а для 5ГГц - около 100м).

Стандарт IEEE 802.11b

Благодаря высокой скорости передачи данных (до 11 Мбит/с), практически эквивалентной пропускной способности обычных проводных ЛС Ethernet, а также ориентации на "освоенный" диапазон 2,4 ГГц, этот стандарт завоевал наибольшую популярность у производителей оборудования для беспроводных сетей.

В окончательной редакции стандарт 802.11b, известный также как Wi-Fi (wireless fidelity), был принят в 1999г. В качестве базовой радиотехнологии в нем используется метод DSSS с 8-разрядными последовательностями Уолша.

Поскольку оборудование, работающее на максимальной скорости 11 Мбит/с имеет меньший радиус действия, чем на более низких скоростях, то стандартом 802.11 b предусмотрено автоматическое понижение скорости при ухудшении качества сигнала.

Как и в случае базового стандарта 802.11, четкие механизмы роуминга спецификациями 802.11b не определены

Спецификация IEEE 802.11d

Стремясь расширить географию распространения сетей стандарта 802.11, IEEE разрабатывает универсальные требования к физическому уровню 802.11 (процедуры формирования каналов, псевдослучайные последовательности частот, дополнительные параметры для MIB и т.д.). Соответствующий стандарт 802.11d пока находится в стадии разработки.

Спецификация IEEE 802.11e

Спецификации стандарта 802.11e позволяют создавать мультисервисные беспроводные ЛС, ориентированные на различные категории пользователей, как корпоративных так и индивидуальных. При сохранении полной совместимости с уже принятыми стандартами 802.11a и b, он позволит расширить их функциональность за счет поддержки потоковых мультимедиа-данных и гарантированного качества услуг (QoS).

Спецификация IEEE 802.11f

Спецификации 802.11f описывают протокол обмена служебной информацией между точками доступа (Inter-Access Point Protocol, IAPP), что необходимо для построения распределенных беспроводных сетей передачи данных.

Спецификация IEEE 802.11g

Спецификации 802.11g, представляют собой развитие стандарта 802.11b и позволяют повысить скорость передачи данных в беспроводных ЛС до 22 Мбит/с (а возможно, и выше) благодаря использованию более эффективной модуляции сигнала. Из нескольких предложений по базовой радиотехнологии для стандарта рабочая группа IEEE недавно выбрала решение компании Intersil, основанное на методе OFDM. Одним из достоинств стандарта является обратная совместимость с 802.11b.

Спецификация IEEE 802.11i

До мая 2001 г. стандартизация средств информационной безопасности для беспроводных сетей 802.11 относилась к ведению рабочей группы IEEE 802.11e, но затем эта проблематика была выделена в самостоятельное подразделение. Разрабатываемый стандарт 802.1X призван расширить возможности протокола 802.11 MAC, предусмотрев средства шифрования передаваемых данных, а также централизованной аутентификации пользователей и рабочих станций. В результате масштабы беспроводных локальных сетей можно будет наращивать до сотен и тысяч рабочих станций.

В основе 802.1X лежит протокол аутентификации Extensible Authentication Protocol (EAP), базирующийся на PPP. Сама процедура аутентификации предполагает участие в ней трех сторон - вызывающей (клиента), вызываемой (точки доступа) и сервера аутентификации (как правило, сервера RADIUS). В то же время новый стандарт, судя по всему, оставит на усмотрение производителей реализацию алгоритмов управления ключами.

Разрабатываемые средства защиты данных должны найти применение не только в беспроводных, но и в других локальных сетях - Ethernet и Token Ring. Вот почему будущий стандарт получил номер IEEE 802.1X, а его разработку группа 802.11i ведет совместно с комитетом IEEE 802.1.

Спецификация IEEE 802.11j

Спецификация 802.11j - настолько новая, что IEEE еще официально не сформировал рабочую группу для ее обсуждения. Предполагается, что стандарт будет оговаривать существование в одном диапазоне сетей стандартов 802.11a и HiperLAN2.

Спецификация IEEE 802.11n

Институт IEEE ведет работу над созданием новой спецификации протокола связи в беспроводных локальных сетях (WLAN). 802.11n работает вдвое быстрее, чем 54-мегабитные "g" и "a": на скорости от 100 Мбит/с. Новый стандарт уравнивает проводные и

беспроводные системы, что позволит корпоративным клиентам использовать беспроводные сети там, где это было невозможно из-за ограниченной скорости.

Определение скоростных характеристик для стандарта "n" будет более строгим, чем у "g" или "b". Оно основывается на фактической скорости передачи файлов и потоков, а не на размере низкоуровневого трафика, снабженного множеством служебных заголовков. Ускорение достигается за счет более оптимального использования частотного диапазона, аналоговых радиочипов, выполненных по улучшенной CMOS-технологии и интеграции WLAN-адаптера в один чип.

Стандарт IEEE 802.15.1 (Bluetooth)

Активно продвигаемая консорциумом Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1 базируется на спецификациях Bluetooth v1.x) предназначена для построения так называемых персональных беспроводных сетей (Wireless Personal Area Network, WPAN).

Беспроводная технология Bluetooth де-факто является стандартом, равно как и набором спецификаций, определяющим функционирование компактных систем связи на небольших расстояниях между мобильными персональными компьютерами, мобильными телефонами и иными портативными устройствами.

Bluetooth представляет собой недорогой радиointерфейс с низким энергопотреблением (мощность передатчика всего порядка 1 мВт) для организации персональных сетей, обеспечивающий передачу в режиме реального времени как цифровых данных, так и звуковых сигналов. Изначально дальность действия радиointерфейса закладывалась равной 10 метрам, (т. е. примерно в границах одной комнаты), однако сейчас спецификациями Bluetooth уже определена и вторая зона около 100 м — для покрытия стандартного дома или вне его. При этом нет необходимости в том, чтобы соединяемые устройства находились в зоне прямой видимости друг друга, их могут разделять "радиопрозрачные" препятствия (стены, мебель и т. п.), и к тому же приборы могут находиться в движении. Для работы радиointерфейса Bluetooth используется так называемый нижний (2,45 ГГц) диапазон ISM (industrial, scientific, medical), предназначенный для работы промышленных, научных и медицинских приборов.

Радиоканал обладает полной пропускной способностью в 1 Мбит/с, что обеспечивает создание асимметричного канала передачи данных на скоростях 723,3/57,6 Кбит/с или полнодуплексного канала на скорости 433,9 Кбит/с. Если данные не передаются, то через Bluetooth-соединение можно передавать до 3-х дуплексных аудиоканалов по 64 Кбит/с в каждом направлении. Возможна также и комбинированная передача данных и звука. В части организации обмена данными Bluetooth соответствует спецификации стандарта локальных сетей IEEE 802 и использует сигналы с расширением спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS) по псевдослучайному закону со скоростью 1600 переключений в секунду в полосе 2400–2483,5 МГц.

Bluetooth работает как многоточечный радиоканал, управляемый, аналогично сотовой связи GSM, многоуровневым протоколом. В качестве мер защиты в Bluetooth предусмотрено кодирование передаваемых данных, а также выполнение процедуры авторизации устройств. При этом возможны три уровня защиты: минимальная (данные кодируются общим ключом и могут приниматься любыми устройствами без

ограничений); защита на уровне устройств (непосредственно в чипе прописывается уровень доступа, в соответствии с которым устройство может получать определенные данные от других устройств); защита на уровне сеанса связи (данные кодируются 128-битными случайными числами, хранящимися в каждой паре устройств, участвующих в конкретном сеансе связи).

Стандарт IEEE 802.15.3

Орган стандартизации телекоммуникационных технологий Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) сообщил о завершении разработки нового протокола беспроводной связи IEEE 802.15.3. Предназначенный для беспроводных частных сетей (WPAN) и являющийся прямым наследником Bluetooth (частота 2,4 ГГц). IEEE 802.15.3 обеспечивает скорость передачи данных до 55 Мбит/с на расстоянии до 100 метров, одновременно работать в такой сети могут до 245 пользователей. При возникновении помех со стороны других бытовых устройств или иных сетей, сети на основе IEEE 802.15.3 будут автоматически переключать каналы. Также поддерживается скорости передачи данных - 11, 22, 33 и 44 Мбит/с. Шифрование данных в сетях IEEE 802.15.3 может осуществляться по стандарту AES 128.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee)

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) ориентирован, главным образом, на использование в качестве средства связи между автономными приборами и оборудованием. В корпоративном секторе это могут быть, например, складские системы, системы автоматизации производства, различные датчики, сенсоры, сервоприводы, электронные метки, а в домашних условиях - ПК, игровые приставки, системы безопасности, освещения, кондиционирования, радиофицированные игрушки и даже пульты ДУ.

Стандарт IEEE 802.15.4 определяет спецификации физического слоя (PHY) и протокол управления доступом (MAC), предлагая поддержку различных топологий сетей. Схемы сетевой маршрутизации призваны обеспечить сохранение энергии и кратчайшие задержки, укладываемые в гарантированный временной интервал, а за счет наличия нескольких маршрутов к каждому узлу в сетях ZigBee предполагается предотвратить возможность "сбоя в одной точке".

Ключевые функции PHY включают в себя контроль за энергией и качеством звеньев, а также оценку каналов для более успешного сосуществования с сетями других беспроводных операторов. MAC определяет автоматическое подтверждение получения пакетов, обеспечивает возможность передачи данных в определенные временные интервалы и поддерживает 128-битные функции-безопасности AES. Если в пределах досягаемости ZigBee-устройств окажется оборудование Wi-Fi или Bluetooth, их каналы могут быть использованы как туннель для трафика ZigBee.

Стандарт IEEE 802.15.4 предусматривает небольшую дальность действия (около 10 метров) и пропускную способность канала - до 250 кбит/с. Передача на этой скорости ведется в диапазоне 2,4 ГГц. Небольшая мощность и скорость обусловлены малыми энергоресурсами связываемых устройств. Доступны также диапазоны 858 МГц (20 кбит/с) и 902-928 МГц (40 кбит/с).

Данный стандарт, активно продвигаемый организацией Альянсом ZigBee, заполнит вакуум в спектре беспроводных сетевых технологий, поскольку он предлагает разработчикам возможность создавать недорогие продукты с очень низким

потреблением мощности и чрезвычайно гибкими функциями поддержки беспроводных сетей.

Стандарт IEEE 802.15.4a (Ultra Wideband, UWB)

Технология сверхширокополосной связи (Ultra Wideband, UWB) основана на передаче множества закодированных импульсов не гармонической формы очень малой мощности (0,05 мВт) и малой длительности в широком диапазоне частот (от 3,1 до 10,6 ГГц). Передача данных на расстояние до 5 метров осуществляется со скоростью от 400 до 500 Мбит/сек.

При помощи UWB-технологии можно создавать специальные сети, в которых несколько сверхширокополосных устройств смогут поддерживать связь между любыми узлами. Короткие сигналы UWB сравнительно устойчивы к многолучевому затуханию, возникающему при отражении волны от стен, потолка, зданий, транспортных средств. Высокоскоростные UWB-устройства хорошо подходят для работы с видеопотоками и приложениями, требующими быстрой пересылки данных. Низкоскоростное UWB-оборудование может применяться для отслеживания местоположения на местности владельцев беспроводных устройств и различных объектов.

Стандарт разрабатывается рядом компаний под руководством Intel в рамках спецификаций IEEE 802.15.4a.

Стандарт IEEE 802.16 (WiMAX)

Широкополосная беспроводная связь уже давно рассматривается в качестве реальной альтернативы традиционным способам высокоскоростного абонентского доступа, в том числе и новым "проводным" технологиям, таким как DSL и кабельные модемы. Местные и многоканальные многоточечные распределительные системы LMDS и MMDS (которые называют также "сотовым телевидением" и "беспроводным КТВ"), первоначально предназначавшиеся для трансляции телепрограмм в районах, не имеющих кабельной инфраструктуры, в последнее время все чаще используются для организации широкополосной беспроводной передачи данных на "последней миле". Радиус действия передатчиков MMDS, работающих в диапазоне 2,1 - 2,7 ГГц, может достигать 40-50 км, в то время как максимальная дальность передачи сигнала в системах LMDS, использующих значительно более высокие частоты в области 27 - 31 ГГц, составляет 2,5-3 км.

Массовому распространению этих систем до сих пор мешает отсутствие промышленных стандартов и, как следствие, несовместимость продуктов разных производителей.

В начале 2000 г. для изучения различных решений и выработки единых правил построения систем широкополосной беспроводной связи в IEEE был создан рабочий комитет 802.16. Первоначально он сосредоточился на вопросах стандартизации систем LMDS диапазона 28 - 30 ГГц, однако вскоре полномочия комитета были распространены на область частот от 2 до 66 ГГц и в его составе образовано несколько рабочих групп.

Группа 802.16.1 разрабатывает спецификации радиоинтерфейса для систем, использующих диапазон 10 - 66 ГГц. Рабочая группа 802.16.2 занимается вопросами "существования" сетей фиксированного широкополосного доступа в нелицензируемых диапазонах 5 - 6 ГГц (в частности, с беспроводными ЛС на базе стандарта 802.11a). Наконец, группа 802.11.3 готовит спецификации радиоинтерфейса

для лицензируемых систем диапазона 2 - 11 ГГц. Главной целью создания этой группы стало содействие ускоренному развертыванию систем MMDS путем предоставления производителям возможности создавать совместимые продукты на основе единого стандарта.

Стандарты разрабатываются на базе единой эталонной модели, объединяющей интерфейсы трех типов в тракте связи между абонентскими устройствами или сетями (например, ЛС или учрежденческими АТС) и транспортной сетью (ТфОП или Internet). Первый радиointерфейс определяет взаимодействие абонентского приемопередающего узла с базовой станцией, второй включает в себя два компонента, охватывающие обмен сигналами между радиоузлами и "находящимися за ними" сетями - абонентской и транспортной (в детальной проработке спецификаций этого интерфейса участвуют и другие комитеты IEEE). Спецификации третьего, дополнительного, радиointерфейса определяют использование повторителей или отражателей для увеличения зоны охвата системы и обхода препятствий на пути распространения сигнала.

Комитетом 802.16 уже приняты предварительные спецификации радиointерфейсов систем диапазона 10 - 66 ГГц, использующих технологии доставки сигнала с одной несущей. В целом же стандарты 802.16 (в том числе 802.16a для систем 2 - 11 ГГц, определяющий оба метода передачи сигнала - с одной несущей и OFDM, и 802.16b для диапазона 5-6 ГГц и технологии OFDM) должны быть приняты в следующем году.

Стандарт IEEE 802.16a

В начале 2003 года принят стандарт беспроводных городских сетей (WirelessMAN). В дополнение к спецификациям стандарта IEEE 802.16, утвержденному в апреле 2002 года, был введен стандарт IEEE 802.16a. Первый стандарт описывал спецификацию интерфейса модуляции с одной несущей (SC - Single Carrier), работающего на частотах от 10 до 66 ГГц. Стандарт открывает возможности создания систем стационарного беспроводного широкополосного доступа, которые станут недорогой заменой оптоволоконным кабелям при создании городских сетей. По стандарту 802.16, операторы могут устанавливать базовые станции, подключенные к общей сети. Каждая из станций может поддерживать сотни абонентских станций.

802.16a учитывает тонкости распределения спектра в диапазоне 10-66 ГГц. Он определяет три режима "физического уровня" соединений. Предусмотрен режим с одной несущей для специальных нужд, но при этом добавлено OFDM - мультиплексирование с ортогональным разделением частоты на 256 каналов, которое разбивает радиоканал на множество каналов, что позволяет увеличить скорость обмена, за счет параллельной передачи данных. Дополнительно появляется возможность отстроиться от помех, возникающих в результате многолучевого распространения сигнала. Ортогональное размещение поднесущих обеспечивает передачу результирующего сигнала в более узком спектре по сравнению с другими методами мультиплексирования. Еще одно дополнение - мультиплексирование OFDMA на 2048 каналов, предоставляющее возможности улучшенного мультиплексирования в сетях с несколькими уровнями.

IrDA

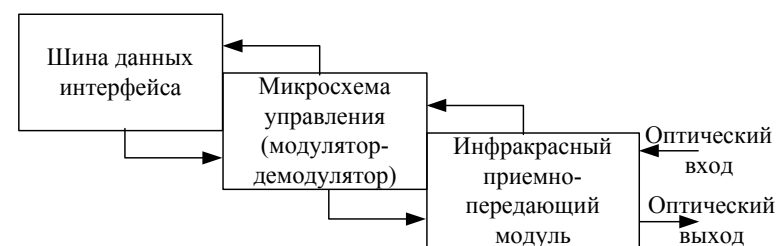
Непрерывное развитие информационных технологий требует постоянного увеличения эффективности обработки и передачи информации. Очевидно, идеальная линия передачи данных должна иметь невысокую стоимость, иметь минимальный расход энергии, обладать высокой пропускной способностью и, что весьма желательно, должна быть беспроводной. Обычно словом wireless (беспроводной - англ.) обозначают связь с использованием радиосигнала. Однако, не стоит забывать, что канал передачи информации можно создать и с помощью оптических устройств, то есть, попросту говоря, с помощью света. Опыт показывает, что среди других беспроводных линий передачи информации инфракрасный (ИК) открытый оптический канал является самым недорогим и удобным способом передачи данных на небольшие расстояния (до нескольких десятков метров). В частности, он эффективен для обеспечения беспроводной связи между персональным компьютером и периферийными устройствами.

Что такое IrDA? В 1979 году компания Hewlett-Packard объявила о начале продаж нового калькулятора, главной особенностью которого являлось наличие у него инфракрасного порта для вывода информации на печать. После этого в течение нескольких лет разработчиками электронного оборудования была предложена целая серия приборов и устройств, использующих для передачи информации открытый оптический канал в инфракрасном диапазоне. Однако, все эти устройства не могли получить широкого распространения вследствие своей несовместимости. Поэтому в 1993 году была основана Infrared Data Association (IrDA), международная некоммерческая организация, ставящая своей целью разработку единых стандартов, используемых для организации инфракрасных линий передачи информации.

Первым стандартом, принятым IrDA, был, так называемый, Serial Infrared standard (SIR). Данный стандарт позволял обеспечивать передачу информации со скоростью 115,2 kb/s. В 1994 году IrDA опубликовала спецификацию на общий стандарт, получивший название IrDA-standard, который включал в себя описание Serial Infrared Link (дословно - Последовательная Инфракрасная линия связи), Link Access Protocol (IrLAP) (Протокол доступа) и Link Management Protocol (IrLMP) (Протокол управления). Уже в 1995 году несколько лидеров на рынке электроники выпустили серию продуктов, использующих для передачи информации по открытому оптическому каналу IrDA-standard. И, наконец, в ноябре 1995 года Microsoft Corporation заявила о внесении программного обеспечения, обеспечивающего инфракрасную связь, использующую IrDA-standard, в стандартный пакет операционной системы Windows'95. В настоящее

время IrDA-standard - самый распространенный стандарт для организации передачи информации по открытому инфракрасному каналу.

В общем виде схема организации IrDA - канала выглядит примерно так, как показано на рисунке.

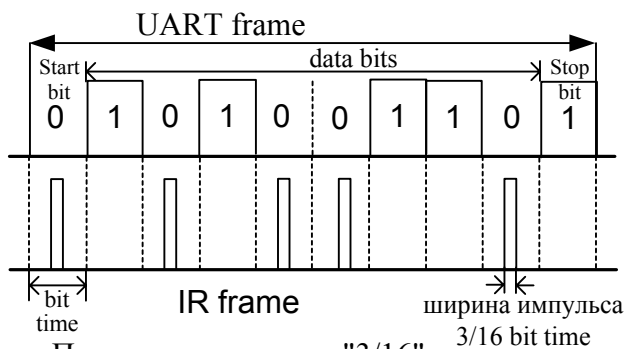


Типовая блок-схема организации IrDA-канала

Канал передачи данных состоит из двух основных элементов: микросхемы, обеспечивающей модуляцию и демодуляцию поступающего двоичного сигнала согласно определенного алгоритма, и инфракрасного

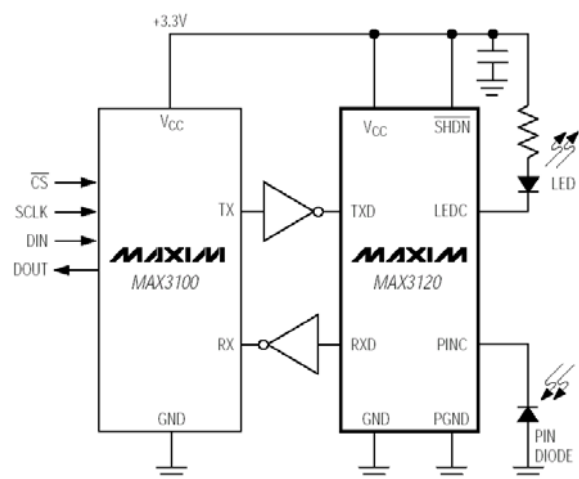
(ИК-) приемно-передающего модуля.

Мы рассмотрим SIR-стандарт, обеспечивающий скорость передачи информации 115,2kb/s. В данном стандарте используется так называемая модуляция "3/16". Принцип данного вида модуляции проиллюстрирован на рисунке.



Принцип модуляции "3/16", используемый в SIR-стандарте.

В компьютерных системах для управления периферийными устройствами используется I/O-интерфейс. Интерфейсные микросхемы последних разработок, как правило, могут обеспечивать управление ИК-линией передачи данных и имеют отдельный вывод для подключения ИК приемно-передающего модуля. К таким



микросхемам следует отнести следующие чипы: - PC87334VLJ, PC87334VJG (National Semiconductors); - FDC37C665IR, FDC37C666IR (SMC).

UART. Во многих электронных приборах обмен информацией осуществляется помощи UART - универсального асинхронного ресивера-трансивера. В этом случае для создания IrDA-канала используются микросхемы: - HSDL-7000, HSDL-7001 (Agilent Technologies); - TOIM3000 (Vishay).

RS-232. Во многих схемах бывает необходимо и удобно организовать ИК-связь через последовательный порт RS-232. В этих случаях, для кодировки сигнала в соответствии с IrDA-стандартом, используются два элемента: конвертер уровней RS-232 (например, MAX232, HIN232 и т.п.) и, собственно, микросхема кодировки сигнала: HSDL-7000, HSDL-7001 (Agilent Technologies), TOIM3232 (Vishay).

Основные характеристики IrDA. Infrared Data Association определяет три стандарта для обмена данными посредством ИК-лучей IrDA-Data, IrDA-Control, и вновь разрабатываемый стандарт Air. IrDA обычно используется для обеспечения беспроводной связи устройств которые зачастую могут соединяться посредством проводов. IrDA обеспечивает подключение вида точка-точка, имеет узконаправленную диаграмму излучения (30° конус) что существенно уменьшает вредное воздействие на другие устройства, передача данных осуществляется на расстояние от 0 до 1 метра со скоростями от 9600 бит/сек до 16 Мбит/сек. Стандарт используется для подключения ноутбуков, принтеров, телефонов и пейджеров, модемов и камер, устройств доступа к сети, медицинского и промышленного оборудования, часов и т.д.

Bluetooth.

Высокоскоростные беспроводные локальные (Wireless Local Area Network - WLAN) сети появились в конце 1990 года и сразу же предоставили привлекательную альтернативу существующим проводным сетям. Особенно удобны они для пользователей и оборудования, которые по роду своей деятельности должны быть мобильны. Они позволяют свободно перемещаться по зданию или территории, оставаясь подключенными к сети. Беспроводные сети хорошо интегрируются с вертикальными приложениями: склады, производственные помещения, медицинские системы контроля состояния пациента, перемещаемые кассовые аппараты и ряд других приложений, связанных с мобильностью персонала или узлов сети. Однако, необходимо заметить, что беспроводные сети в большинстве случаев не заменяют собой проводных сетей, а расширяют их.

О топологии беспроводных сетей говорить можно весьма условно, так как отсутствует наглядная структура, реализующая геометрию связей. Беспроводные сети строятся с помощью устройств трех типов: беспроводных сетевых адаптеров, узлов доступа – устройств которые осуществляют связь между беспроводными адаптерами и проводной сетью и радиомостов. В соответствии с этим беспроводные сети можно условно разделить на три группы:

- сети, объединяющие радиоволнами пользователей, находящихся в пределах одного здания;
- проводные сети, к которым мобильные пользователи подключаются с помощью узлов доступа;
- кабельные сегменты, находящиеся в разных зданиях и объединенные в сеть с помощью радиомостов.

Первое поколение беспроводных локальных сетей работало в безлицензионном диапазоне 902-928 МГц, используемом пейджинговой связью и беспроводными телефонами. Однако узость диапазона и интенсивное использование его другими средствами связи вскоре стали серьезно влиять на работу сетей. После выделения для беспроводных сетей диапазона 2,4 ГГц производители сетевого оборудования стали переключаться на него.

Стандарт 802.11 обеспечивает функционирование беспроводной связи стационарных, портативных и мобильных станций и включает спецификации для двух уровней – физического и канального в полосе частот 2,4 – 2,483 ГГц и скоростей передачи 1 и 3 Мбит/с. Стандарт не предъявляет требований к технологии их реализации, что позволяет различным производителям разрабатывать интероперабельное сетевое оборудование. Он определяет протокол для двух основных топологий. В одной рабочие станции связываются с магистральной сетью посредством узлов доступа, в другой – группа рабочих станций обменивается информацией друг с другом непосредственно. Стандарт поддерживает станции, движущиеся со скоростью пешехода или велосипедиста. Стандарт на физическом уровне описывает два метода передачи (модуляции): метод прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS) и со скачущей перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS). Для кодирования сигнала используется более широкий частотный спектр, чем это необходимо. Такой метод модуляции повышает помехоустойчивость и

защиту передаваемых данных.

Основной недостаток метода прямой последовательности заключается, в более высокой потребляемой мощности (в 2-3 раза), чем метод скачущей частоты. Однако он более устойчив к помехам, возникающим из-за многократных отражений радиоволн от окружающих предметов, зато хуже противостоит помехам большой мощности. Системы со скачущей частотой более пригодны для применения в портативных устройствах (меньшая потребляемая мощность и стоимость). Однако они должны чаще заново повторять передачу пакетов в связи с плохой устойчивостью к помехам, вызванным многократным отражением сигналов.

Недавно было представлено новое поколение беспроводных сетей на основе технологии **Bluetooth**. Эта технология разработана консорциумом ведущих компаний, работающих в области мобильной телефонии, производства портативных ПК и микросхем, таких как Ericsson, Nokia, Toshiba, Intel, IBM и др.

Bluetooth отличается от других технологий такими свойствами, как:

- применение маломощных передатчиков;
- малые размеры системы, позволяющие устанавливать ее в различные оконечные и периферийные устройства (мобильные и бесшнуровые телефоны, ноутбуки, устройства ввода/вывода ПК, хабы локальных сетей и многие другие);
- низкая стоимость, благодаря чему прогнозируется широкое внедрение новой технологии.

Свое название технология получила от прозвища короля Дании Гаральда II Гормссона, правившего в X веке и знаменитого тем, что он сумел объединить племена Дании и Норвегии в единое королевство и обратил своих подданных в христианство. Такое название присвоено технологии Bluetooth неспроста. С помощью нее в единую систему можно объединить самые разные устройства на основе высокоскоростной сети обмена данными — как цифровой информации, так и речи. Причем, что важно, это происходит без вмешательства со стороны пользователя и открывает ему широкие коммуникационные возможности, позволяющие в любом месте подключиться к сети сотовой связи, подсоединить свой ноутбук к периферийным устройствам ввода/вывода, обеспечить голосовую связь или передачу данных на небольшие расстояния.

В основе технологии Bluetooth лежит принцип радиосвязи при быстром скачкообразном изменении частоты (Fast Frequency Hopping) — 1600 переключений каналов/с в диапазоне частот 2,402–2,480 ГГц. Емкость этой полосы частот — 79 каналов с шириной полосы пропускания канала 1 МГц. Максимальная скорость обмена данными может достигать 1 Мбит/с. Особенностью диапазона 2,4 ГГц является то, что в странах Европы, в Японии и США на основании решений IEEE 802.11 он определен как технический диапазон (2.4 GHz Industrial-Scientific-Medical (ISM) band).

Работа излучающих устройств в нем не требует лицензии. В этом диапазоне работают микроволновые печи, беспроводные сети (LAN), другие коммерческие системы передачи данных. Поэтому естественно возникает вопрос: надежно ли будут работать системы Bluetooth, подверженные влиянию помех от других устройств? На этот вопрос ведущий специалист компании Ericsson Торбьор Гарднер ответил так: «Конечно, все излучающие устройства будут мешать друг другу, но победит устройство с более высоким уровнем сигнала». При попадании устройства, оснащенного системой Bluetooth в зону действия другого такого же устройства, которая представляет собой

круг радиусом от 10 до 100 м, между ними автоматически происходит обмен адресными и другими данными и устанавливается соединение с высоким уровнем защищенности и коррекцией ошибок.

Bluetooth использует радиосоединение, обеспечиваемое микрочипом размером всего 9x9 мм. Его базовый протокол является комбинацией схемной и пакетной коммутации и обеспечивает передачу как голоса, так и данных. Каждый голосовой канал поддерживает синхронное соединение 64 Кбит/с, а асинхронный канал может поддерживать асимметричное соединение со скоростями в прямом и обратном направлении соответственно 721 Кбит/с и 57,6 Кбит/с. При использовании дополнительного усилителя мощности в тракте передачи дальность связи может составлять более 100 м. Универсальность и высокие технические характеристики при доступности — стоимость точки доступа составляет около \$5 — делают такую технологию перспективной. В настоящее время на рынке появилось много устройств на ее основе, а ведущие фирмы ведут интенсивные работы по ее совершенствованию.

Bluetooth и профили

Bluetooth — это сравнительно молодой стандарт беспроводной связи. Цифры характеризуют его следующим образом: диапазон рабочих частот 2,4 – 2,4835 ГГц, радиус действия — 10 метров (максимум 100 метров), рассеиваемая мощность передатчика — около 100 мВт, скорость — около 740 Кбит/с (максимум 1,4 Мбит/с). Зародившись несколько лет назад в небольшом шведском городке Лунд, идея соединения телефона и других устройств через радиоканал с легкой руки исследователей компании Ericsson сегодня находится на гребне популярности.

Теоретически можно соединить без проводов любые устройства, имеющие встроенный модуль Bluetooth. Но на практике все обстоит гораздо сложнее, для того, чтобы устройства могли успешно связываться друг с другом, необходимо, чтобы у них были совместимые друг с другом профили. Поскольку единых требований по совместимости к устройствам с Bluetooth, выпускаемым разными производителями, сегодня не существуют, то многие компании самостоятельно договариваются о поддержке одинаковых профилей. Пока же проблема подбора двух совместимых Bluetooth-устройств целиком лежит на пользователе.

Вообще профилей существует достаточно много, более трех десятков, плюс к этому периодически появляются новые. Вот неполный перечень основных профилей: Headset, OPP, DUN, LAN, FTP, Fax, GAP, SDAP, SDP, SPP, OBEX и др. По отношению к телефону, разумеется, используются не все, да и нет необходимости в этом. Кстати, чем больше устройство поддерживает профилей, тем лучше, поскольку не следует забывать о возможности беспроводного контакта с несколькими устройствами одновременно.

В среде мобильных телефонов широко используется профиль Dial-up-Networking (DUN), который наиболее часто используется для беспроводного соединения телефонов между собой или, например, с карманным компьютером. Наличие этого профиля позволяет легко и быстро получать доступ в Интернет. Достаточно часто используются и профили, основанные на протоколе FTP. Если его активизировать, то с компьютера можно управлять динамической памятью телефона. Особенно удобен для этих целей профиль OBEX, который позволяет манипулировать как отдельными файлами, так и объектами. С помощью этого профиля, например, можно обмениваться записями

календаря и контактами.

При использовании телефонной гарнитуры обычно используется профиль Headset. Впрочем, в последние модели телефонов производители включают достаточное количество профилей, так что теперь факс отправить или распечатать адресную книгу на принтере можно без проблем.

Чтобы установить Bluetooth-соединение между устройствами, их необходимо перевести в режим сопряжения (pairing) при этом зачастую требуется ввести пароль для подключения. Это – требование безопасности, предотвращающее случайное подключение других устройств. Как правило, поддерживается соединение типа точка-точка, но при этом каждое устройство может сопрягаться максимум с семью другими. Таким образом, телефон можно сопрячь с беспроводной гарнитурой, настольным ПК и КПК, но одновременно он будет работать только с одним из этих устройств. С другой стороны, модули Bluetooth, предназначенные для ПК, позволяют одновременно организовывать сразу несколько активных подключений.

Сети Piconet и Scatternet

Различные Bluetooth-устройства соединяются друг с другом автоматически, стоит им только оказаться в пределах досягаемости. Пользователь не должен заботиться о кабелях, драйверах и т. п. Все что от него требуется, - это позаботиться о том, чтобы Bluetooth-устройства находились достаточно близко друг к другу. По способу соединения можно выделить сети Piconet и Scatternet - это базовые понятия технологии Bluetooth.

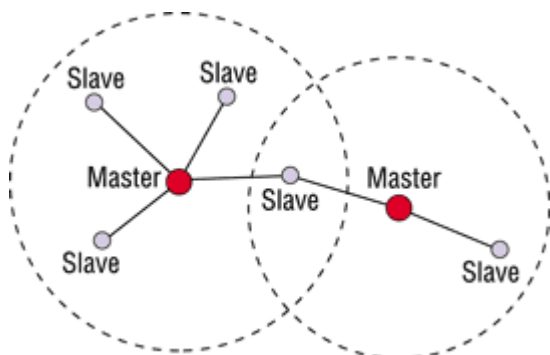


Рис. Сети Piconet и Scatternet.

Bluetooth-устройства могут устанавливать как соединения типа "точка-точка", если имеется только два устройства, так и "точка - много точек", когда одно устройство одновременно работает с несколькими другими. В последнем случае устройство, которое обслуживает несколько соединений, называется master (главное), а подключенные устройства - slave (управляемые). Кроме устройств, которые активно обмениваются данными (но являются управляемыми), есть еще множество неактивных управляемых устройств, которые не могут обмениваться данными с управляющим, пока заняты все каналы, но тем не менее остаются синхронизированы с ним. Такая структура называется Piconet.

Иными словами, Piconet - это сеть, содержащая от двух до восьми устройств, которые общаются между собой с соблюдением протоколов Bluetooth. По определению, все устройства Bluetooth равноправны, но тем не менее при образовании Piconet одно из них становится главным, управляющим, а другие - подчиненными. Главное устройство синхронизирует частоту и ее изменения для всех остальных устройств в Piconet. Для

распознавания любого устройства в сети выделяется трехразрядный MAC-адрес. В случае необходимости любое управляемое устройство в Piconet может стать управляющим, поменявшись ролью со старым "лидером".

Несколько независимых и несинхронизируемых сетей Piconet, между которыми возможен обмен информацией, образуют распределенную сеть Scatternet. Такие сети могут иметь топологию типа "точка-точка" и "точка - много точек".

В Scatternet может объединяться столько Bluetooth-устройств, сколько требуется, логические связи могут образовываться так, как требуется, и изменяться как угодно. Единственное условие: различные сети Piconet, входящие в одну Scatternet, должны использовать разные каналы связи, т. е. работать на разных частотах и иметь разные каналы смены частот. Всего спецификация предусматривает 10 вариантов подобных последовательностей: пять с циклом в 79 смен и пять - с циклом в 23 смены. Такой алгоритм позволяет эффективно бороться с затуханием радиосигнала и интерференцией.

Установление соединения

Как уже говорилось, одна из важнейших особенностей технологии Bluetooth - автоматическая установка соединения между Bluetooth-устройствами, находящимися в пределах досягаемости. Поэтому первое, с чего начинается работа такого устройства в незнакомом окружении, - поиск других Bluetooth-устройств. Для этого посылается запрос, и ответ на него зависит не только от наличия в радиусе связи активных Bluetooth-устройств, но и от режима, в котором находятся эти устройства. На данном этапе возможны три основных режима.

В первом режиме устройства всегда отвечают на все полученные ими запросы. Второй режим подразумевает, что устройства могут отвечать на запросы ограниченное время или должны отвечать только при соблюдении определенных условий. И, наконец, в третьем режиме устройства не отвечают на новые запросы. Но это еще не все. Даже если удастся обнаружить устройство, оно может быть доступным (подключаемым) и недоступным (неподключаемым). В последнем случае устройство не позволяет настроить некоторые важные параметры соединения; в результате его удастся обнаружить, но обмениваться данными с ним нельзя. Если устройство находится в подключаемом режиме, то на этом этапе Bluetooth-устройства договариваются между собой об используемом диапазоне частот, размере страниц, количестве и порядке последовательностей смены частот и других физических параметрах соединения.

Если процесс обнаружения прошел нормально, то новое Bluetooth-устройство получает набор адресов доступных устройств, и за этим следует процесс выяснения имен всех доступных Bluetooth-устройств из списка. Каждое Bluetooth-устройство должно иметь свой глобально уникальный адрес, но на уровне пользователя обычно используется не этот адрес, а имя устройства, которое может быть любым, и не обязательно глобально уникальным. Согласно спецификации, Bluetooth-устройства не обязаны принимать больше первых 40 символов имени другого Bluetooth-устройства. Если же устройство имеет небольшой экран и ограниченную вычислительную мощность, то количество символов, которое оно примет, может быть уменьшено до 20.

Еще одна важнейшая особенность технологии - автоматическое подключение Bluetooth-устройств к службам, предоставляемым другими Bluetooth-устройствами. Вообще говоря, получение или предоставление каких-либо услуг - это то, ради чего все и затевалось, поэтому для поиска возможных услуг используется специальный протокол, называемый Service Discovery Protocol (SDP).

Перед каждым соединением в Piconet все устройства находятся в режиме Standby. В нем они периодически, каждые 1,28 с, "слушают" эфир, а точнее, сообщения на 32 фиксированных частотах, определенных для конкретного устройства. Количество таких частот может варьироваться в зависимости от географического региона.

Процедура соединения инициируется одним (любым) из устройств, которое и становится главным в Piconet. Сначала главное устройство посылает сообщение Page (если адрес приемного устройства известен) или Inquiry (если информация об адресе отсутствует). Иницируя состояние Page, мастер-устройство посылает пакет из 16 page-сообщений на 16 различных частотах, нумеруя управляемые приборы. Если ответа нет, то следует передача на оставшихся 16 частотах. Максимальное время между началом инициализации и нахождением управляемого устройства составляет 2,56 с, что равно удвоенному периоду прослушивания "эфира" (1,28 с). Обычно запрос Inquiry используется для поиска общедоступных принтеров, факс-машин и прочего оборудования с неизвестными адресами.

Энергосбережение

В сети Piconet предусмотрены режимы энергосбережения, которые задействуются в отсутствие передачи данных. Управляющее устройство может перевести любое управляемое в режим Hold, когда будет функционировать только внутренний таймер. Заметим, что и само управляемое устройство может запросить перевод в этот режим. Обмен данными начинается мгновенно, как только устройство выходит из этого режима.

Два других режима энергосбережения - Sniff и Park. В режиме Sniff устройства в Piconet "слушают" эфир реже, благодаря чему могут более эффективно использоваться по прямому назначению. Временной Sniff-интервал программируется и зависит, например, от типа программного приложения, выполняемого на компьютере. В режиме Park устройство синхронизировано с Piconet, но не принимает участия в трафике. "Запаркованное" устройство отказывается от своего MAC-адреса и время от времени "слушает" команды от мастера о ресинхронизации или иные широковещательные сообщения.

Защита данных

Естественно, технология Bluetooth не могла обойтись без такой важной вещи, как защита передаваемых данных. В спецификации Bluetooth предусмотрена защита конфиденциальной информации, передаваемой между устройствами на физическом уровне. Аутентификация базируется на алгоритме запрос-ответ, а для кодирования информации могут использоваться секретные ключи длиной до 64 разрядов.

В зависимости от выполняемых задач, устройство может находиться в одном из трех режимов защиты:

устройство не может самостоятельно инициировать защитные процедуры;

устройство не иницирует защитные процедуры, пока не установлено и не настроено соединение. После того как соединение установлено, процедуры защиты обязательны и определяются типом и требованиями используемых служб;

защитные процедуры иницируются в процессе установления и настройки соединения.

Если удаленное устройство не может пройти требований защиты, то соединение не устанавливается.

Естественно, что второй и третий режимы могут использоваться вместе, т. е. сначала устанавливается защищенное соединение, а потом оно дополнительно защищается в соответствии с требованиями и возможностями конкретной службы.

В основе системы безопасности Bluetooth, используемой в последнем случае, лежит понятие сеансового ключа, который образуется в процессе соединения двух устройств и используется для идентификации и шифрования передаваемых данных. Для генерации ключа могут использоваться самые различные составляющие, от заранее известных обоим устройствам значений до физических адресов устройств. Комбинируя защиту на уровне соединения с защитой на уровне приложений, можно создавать достаточно надежно защищенные соединения. Тем не менее считается, что очевидной слабостью Bluetooth с точки зрения построения защищенных соединений остается возможность перехвата трафика.

ZigBee.

В январе 2005 года организация по продвижению нового стандарта персональных беспроводных сетей ZigBee Alliance ратифицировала спецификации технологии ZigBee 1.0, включающую три дополнительных уровня для сетевого взаимодействия, защиты информации и выполнения приложений. Это означает, что в скором времени появится в продаже полностью совместимое оборудование разных вендоров с поддержкой этой технологии. У Bluetooth появляется своеобразный конкурент. По подсчетам аналитиков, в ближайшие годы может быть произведено от 5 до 100 млн. чипов с поддержкой ZigBee.

Уникальной особенностью нового стандарта является ячеистая структура сети. Данные передаются от одного узла к другому пока не достигнут адресата. Расстояние для передачи данных между двумя сенсорами не должно превышать 70-100 метров, что совместно с невысокой скоростью передачи данных (до 250 кбит/с) не позволяют ZigBee на равных соревноваться с Bluetooth, хотя ряд его функций он перекрывает.

По мнению специалистов, ячеистая структура ZigBee идеально подходит для развертывания экономичных беспроводных сенсорных сетей. В отличие от Bluetooth, который надо настраивать, сенсор ZigBee достаточно положить в любом месте, он самостоятельно сконфигурируется и начнет работу. Благодаря малому энергопотреблению, можно, например, использовать в качестве замены ИК-датчиков пультов дистанционного управления бытовыми устройствами.

Основными членами ZigBee Alliance являются Motorola, Honeywell International, Philips Electronics и Control4. Все эти компании заявили о намерении использовать технологию ZigBee в своих продуктах. В общей сложности в альянс входят 70 компаний.

Wireless USB

На волне всеобщей индустриальной тенденции по превращению привычных проводных интерфейсов в беспроводные идея продвижения Wireless USB, то есть, затея по избавлению привычного интерфейса USB от проводов, выглядит вполне логичной и вполне заманчиво. Почему бы и нет, если у нас скоро всё будет беспроводное? Так то оно так, да смущает лишь одна мелочь: надо ли городить огород, если на рынке и без этого предостаточное разнообразие проводных и беспроводных интерфейсов на любой вкус и цвет?

Зачем он нужен, Wireless USB?



...Понадобилось всего несколько лет для того, чтобы линейка наиболее популярных интерфейсов для настольных, портативных и карманных ПК совершенно видоизменилась. Сейчас даже представить трудно, как жили люди в каменном веке "до-USB" эпохи, а ведь жили, болезные, мучались и страдали...

Важнейшими тенденциями современного рынка компьютерной электроники можно назвать, пожалуй, две: замену всех параллельных шин на последовательные шины и переход на беспроводные соединения. Под натиском практичных USB/FireWire скоропостижно помер старичок LPT, эффективные Serial ATA (SATA) и Serial Attached SCSI (SAS) метят на место могильщиков SCSI. Да что там, даже старая добрая шина PCI понемногу вытесняется новомодной последовательной PCI-Express...

Таких примеров в индустрии множество, тенденциозность перехода на последовательные интерфейсы везде и всюду видна невооруженным глазом. Однако, даже самые прогрессивные проводные шины нынче подпадают под влияние моды на "отрезание проводов" и переход на беспроводные решения.

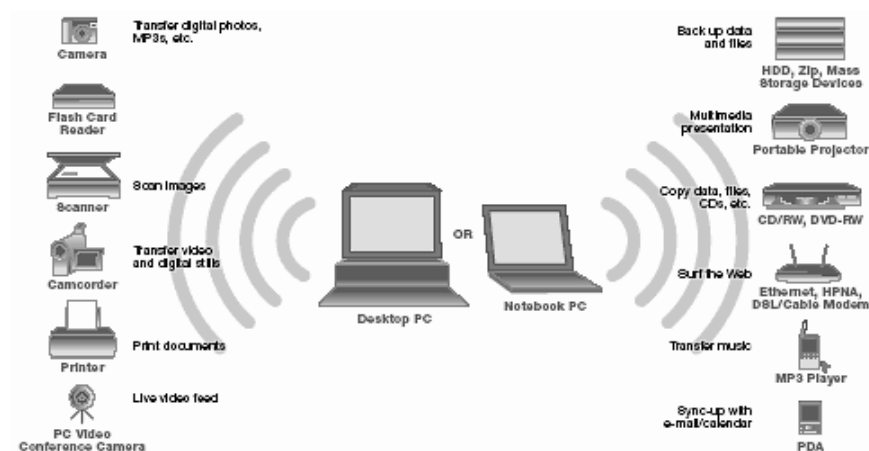
Особенно восприимчивым к новым тенденциям оказался сектор локальных интерфейсов - все, что работает на расстоянии до 10 метров, обеспечивает обмен данными и/или связь всевозможной электроники с периферией или друг с другом и т.п. В конце концов, перебрав массу всевозможных вариантов - COM, LPT, IrDA и иже с ними, индустрия остановилась с молчаливого одобрения потребителей на наиболее универсальных, удобных и востребованных - проводных USB/FireWire и беспроводном Bluetooth. Оставив прежние пережитки для обратной совместимости да ради удобства применения в различных нишевых случаях.

Нельзя сказать, что современные фавориты рынка исчерпали свои возможности и застыли в своем развитии. Тот же USB, изначально нацеленный на подключение периферии, после ратификации скоростной 480 Мбит/с версии USB 2.0 дополнительно обзавелся расширением "On-The-Go", наконец-то позволившим создавать одноранговые соединения класса "периферия-периферия". Мультимедийный 400 Мбит/с интерфейс FireWire, даже в изначальной версии IEEE1394a не страдавший иерархической болезнью USB, в последнее время обзавелся скоростной 800 Мбит/с инкарнацией IEEE1394b и увеличенной длиной интерфейсного кабеля. Хорошо? Превосходно! Одна беда, все это - совершенно неуместные в наш век проводные соединения, особенно нелепые на столь небольших расстояниях.

Список устройств, которым уже сейчас очень пригодился бы беспроводной USB, достаточно широк, однако помимо традиционных сфер применения привычного

проводного USB, который, без сомнения, со временем в значительной степени будет вытеснен своим UWB тезкой, есть подозрение, что наряду с этим беспроводная инкарнация интерфейса будет востребована в случаях, которые пока совершенно невозможно представить.

Основной современный беспроводной "боец ближнего боя" - широкополосный стандарт Bluetooth,

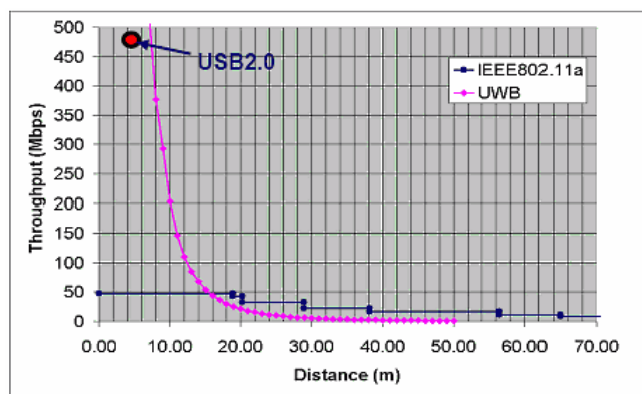


также развивается весьма динамично. Уже в 2005 году появилось множества новинок с поддержкой спецификаций Bluetooth Version 2.0 и производительностью до 2,1 Мбит/с и даже до 3 Мбит/с (при пиковых 771 Кбит/с для версии 1.1) наряду с удешевлением чипов, снижением энергопотребления и возможностью обслуживания одновременно нескольких приложений. Прогресс? Несомненно, да! Пользователи мобильных, КПК и смартфонов

будут очень рады. Однако, ясно, что пиковой скорости обмена "аж до 3 Мбит/с" не обрадуются желающие, например, организовать real-time обмен видео контентом. Что и говорить, хорош Bluetooth, хорош. Однако... как бы это помягче... сечение "дырочки" этого канала по-прежнему узковато. Как и у подобных проектов вроде Zigbee.

Следует ожидать, что наряду с частичным вытеснением Bluetooth в секторе мобильных устройств WUSB сможет подкузывать распространенности традиционных коаксиальных/оптических AV-интерфейсов, в том числе цифровых вроде DVI и даже новоявленного HDMI.

Итак, задача проста: хочется без проводов, на расстояние до 10 метров и чтобы не хуже, чем у распространенных проводных интерфейсов. Стандарт Bluetooth, при всех его плюсах, оказывается



"жидковат" даже в новой производительной версии. Может быть, подойдет Wi-Fi? Прямой и недвусмысленный ответ будет: да, но только частично. Возьмите скорость обмена наиболее современных версий, IEEE802.11a/g - до 54 Мбит/с. Даже удвоив ее за счет алгоритмов уплотнения, все равно на пушечный выстрел не приблизиться к пропускной способности проводных USB/FireWire. Как и в случае с Wi-Fi, скорость обмена данными в случае применения WUSB также падает в зависимости от расстояния между портами, однако, обратите внимание на график ниже и что называется, оцените

разницу на ближних расстояниях.

А ведь есть еще такой фактор, как ограниченное количество каналов, не критичный сейчас, при малом распространении Wi-Fi, но запросто превращающийся в беду в случае, например, многоэтажного дома с точками доступа в каждой квартире. Ну и разумеется, такая "мелочь", как относительно высокая цена Wi-Fi оборудования.

Кстати сказать, цели, которые в глобальной перспективе ставили перед Wi-Fi его разработчики, честно говоря, все же ближе к задачам LAN, нежели к USB. В то же время задачи, поставленные перед WUSB, достаточно близки к списку типичных задач нынешнего USB и предполагают скоростной обмен данными в структуре развлекательных центров на базе ПК, игровых приставок, MP3 и DVD плееров, ТВ-приставок, HDTV телевизоров. Со временем WUSB также станет "родным интерфейсом" для цифровых фото- и видеокамер, внешних DVD-RW/CD-RW приводов и HDD-накопителей, карманных ПК, мобильных телефонов и смартфонов, карманных видеоплееров (Personal Video Player,

PVP) и видеомэгнитофонов (Personal Video Recorder, PVR), принтеров, сканеров, проекторов, наушников, колонок и еще тысячи и одного устройства с претензиями на быстрый обмен данными.

Судя по всему, пустующая ниша среди современных интерфейсов еще имеется, и Wireless USB вполне может рассчитывать на место под солнцем.

Самое главное о Wireless USB

Для понимания сути стандарта Wireless USB придется обратиться к пониманию главного в концепции платформы сверхширокополосной (Ultra Wideband, UWB) беспроводной технологии. Классическое определение UWB звучит так:

UWB - это беспроводная технология, предназначенная для передачи данных на короткие - до 10 метров, расстояния, с высокой пропускной способностью (до 480 Мбит/с) и низкой потребляемой мощностью. UWB - это решение для беспроводной передачи высококачественного мультимедийного контента, например видео, между устройствами бытовой электроники и периферийными устройствами ПК. Одно из основных преимуществ технологии UWB заключается в том, что она не создает помех для других беспроводных технологий, используемых в настоящее время, - таких как Wi-Fi, WiMAX и сотовой связи.

Стандарт WUSB подразумевает использование двух основных "слоев" для обмена данными - транспортного и физического уровня. Транспортный уровень как раз и базируется на сверхширокополосной (UWB) технологии, физический представляет собой уровень формирования среды передачи данных, где помимо WUSB с легкостью могут фигурировать W1394 (Wireless FireWire), Bluetooth и прочие, к настоящему времени еще не изобретенные и не сформулированные протоколы.

Что такое сверхширокополосная модуляция (UWB), многие могут примерно представить себе на примере Bluetooth. Схематически принцип UWB подразумевает генерацию передатчиком миллиардов импульсов в очень широком - порядка нескольких гигагерц, частотном спектре. Приемная часть преобразовывает импульсы в данные путем отслеживания схожих последовательностей импульсов.

Если попробовать изложить вышесказанное более простым языком, технология UWB подразумевает передачу сигнала в широком спектре, перекрывающем частоты многих уже используемых диапазонов. Однако специфический принцип модуляции и отсутствие несущей частоты приводят к своеобразному широкополосному "размазыванию" сигнала по всему спектру - что-то вроде широкополосного "белого шума", не превышающего по уровню обычные фоновые помехи, обладающего в то же время высокой защищенностью информации из-за импульсного характера передачи.

Для общего понимания принципа работы интерфейса WUSB следует также упомянуть, что пакеты данных, передача которых осуществляется с использованием технологии UWB и применением вышеупомянутой модуляции OFDM, формируются по принципу транзакций USB 2.0, а переносятся с помощью уже известного протокола множественного доступа с разделением каналов по времени, то есть, TDMA (Time Division Multiple Access).

В марте 2005 произошли два ключевых события относительно судьбы нового стандарта: были приняты черновые спецификации Wireless USB версии 0.95, плюс примерно в то же время два основных разработчика технологии, альянсы WiMedia

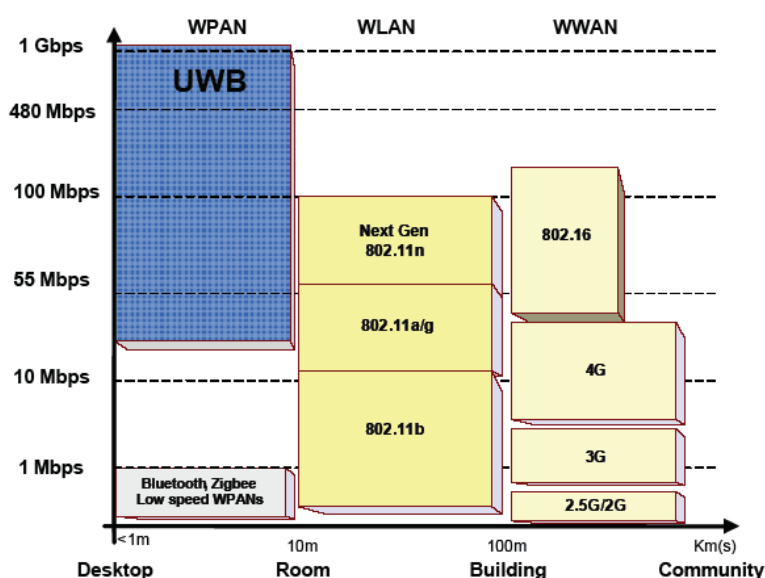
Alliance и MBOA-SIG объявили об устранении противоречий и объединении усилий в дальнейшей разработке WUSB.

После этого события развивались более чем стремительно: уже в конце мая на форуме Wireless USB Developers Conference была объявлена финальная версия Wireless USB 1.0, что наконец-то ликвидировало возможности разночтения "сырых" спецификаций и вывело WUSB в разряд ратифицированных, "готовых к употреблению" в коммерческих масштабах стандартов.

Миссия Wireless USB

Список беспроводных интерфейсов самой различной производительности и назначения в настоящее время столь широк, что невольно возникает законный вопрос: какой там ещё Wireless USB, в какой диапазон его "заталкивать" и нужен ли он на самом деле, не является ли это прихотью производителей?

На самом деле, при внимательном изучении возможностей современных



беспроводных технологий можно заметить приличную брешь: интерфейсов много, но нет ни одного, который был бы "заточен" специально для обмена мощными потоками мультимедийного контента на близкие расстояния, то есть, что-то вроде проводных USB и FireWire. Такие технологии как Bluetooth (даже в самой современной версии 2.0 с максимальным трафиком до 2,1 Мбит/с) и Zigbee могут справиться разве что с передачей стереосигнала на наушники, ни о каком обмене видео речи идти не может.

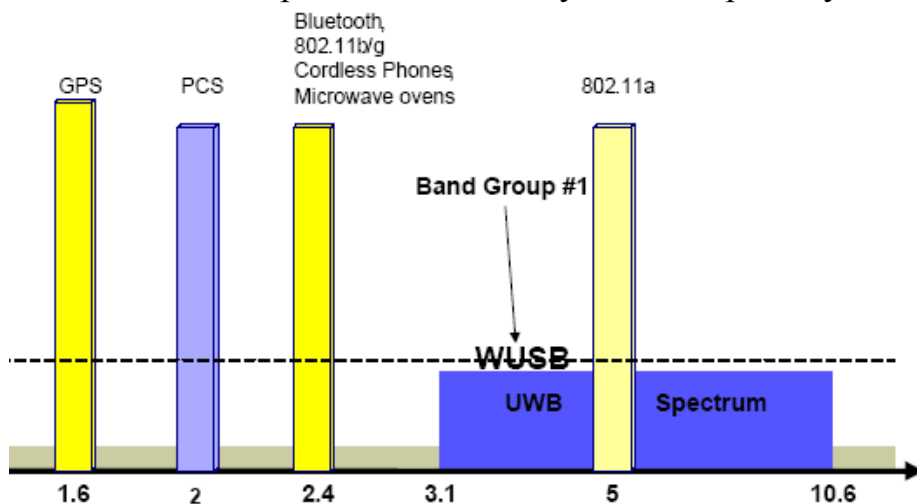
С другой стороны, имеется пул более производительных интерфейсов Wi-Fi, способных уже сейчас обеспечить трафик до 54 Мбит/с, а в перспективе - до 100 Мбит/с. Но и здесь не без изъяна: интерфейсы эти все же в первую очередь "среднемагистральные" и нацелены в первую очередь на расстояния до 100 метров. Разумеется, никто не помешает пользоваться ими на коротких дистанциях 3 - 10 метров, тем не менее, в силу вступает другая проблема: ограниченное количество каналов в сочетании с приличным радиусом действия рано или поздно даст о себе знать, особенно в мегаполисах. К тому же даже пиковый трафик 100 Мбит/с, который в будущем обещает версия IEEE802.11n, никак нельзя назвать адекватной альтернативой нынешним 480 Мбит/с у проводного USB 2.0.

Рассуждать о возможности альтернатив в виде магистральных и "дальнобойных" стандартов вроде 3G/4G и WiMAX и вовсе как-то неуместно: в первом случае потому, что сотовые сети все же не бесплатны, во втором - все равно что поджаривать яичницу огнемётом, и в обоих случаях смешно говорить о расстояниях до 10 метров.

Иными словами, что-то вроде Wireless USB рано или поздно должно было возникнуть.

Следующий законный вопрос: как разместить новый и, судя по производительности, достаточно широкополосный интерфейс, если ныне частотные диапазоны и без этого более чем загружены?

Единственный разумный выход - использование сверширокополосной модуляции (UWB, UltraWideBand) с низкой спектральной плотностью сигнала. Иными словами, сигнал как бы "размазывается" в виде своеобразного белого шума по широкому спектру частот. Использование выделенного для UWB на вторичной основе спектра частот фактически не оказывает влияния на работу других средств связи, поскольку пиковый уровень излучения практически не превышает этого самого эфирного уровня шумов.



Сравнение спектральной плотности излучения

Топология Wireless USB

По аналогии с проводным USB, устройства Wireless USB обладают собственным адресом, получаемым при подключении или перечислении. Каждое устройство Wireless USB поддерживает один или несколько каналов для связи с хостом.

Базовыми элементами инфраструктуры WUSB являются концентратор и радиальные линии. В такой топологии хост-контроллер иницирует любой обмен данными между подключенными к нему устройствами, выделяя временные интервалы и полосу пропускания каждому подключенному устройству. Подобная группа называется кластером. Описанные соединения относятся к типу "точка-точка" и осуществляются между WUSB-хостом и WUSB-устройством.



WUSB-хост с логически подключенными к нему WUSB-устройствами (максимально — до 127) образует неформальный WUSB-кластер. Кстати, концентраторы в определении Wireless USB отсутствуют как класс по причине их полной невостребованности в такой архитектуре. WUSB-кластеры сосуществуют в перекрывающейся пространственной среде с минимальными взаимными помехами, что позволяет функционировать нескольким WUSB-кластерам в пределах общей зоны действия радиоизлучающих устройств.

Поскольку Wireless USB обратно совместим с проводной версией USB, также появляется возможность создавать прозрачные мосты на проводные USB устройства и хост-контроллеры, то есть, организовывать передачу

данных между двумя кластерами. Двоякая модель использования Wireless USB, где slave-устройство обладает также ограниченными возможностями хост-контроллера, практически с ходу учитывает недочеты ранних версий проводного USB, устраненных лишь с появлением дополнительного протокола USB 2.0 - USB-On-The-Go.

Частотный спектр WUSB. Физический уровень.

Для начала познакомимся частотным спектром UWB сигнала и с принципом его формирования. В общем случае под UWB подразумевается любая радиочастотная технология, занимающая спектр с полосой более 20% несущей частоты передатчика, или работающая в диапазоне более 500 МГц. Комиссия Управления перспективных военных научно-исследовательских работ Министерства обороны США (DARPA) к сверхширокополосным относит системы и сигналы, обладающие коэффициентом N в пределах от 0,25 до 1:

$$N = (f_v - f_n)/(f_v + f_n)$$

...где f_v и f_n - верхняя и нижняя частота диапазона соответственно.

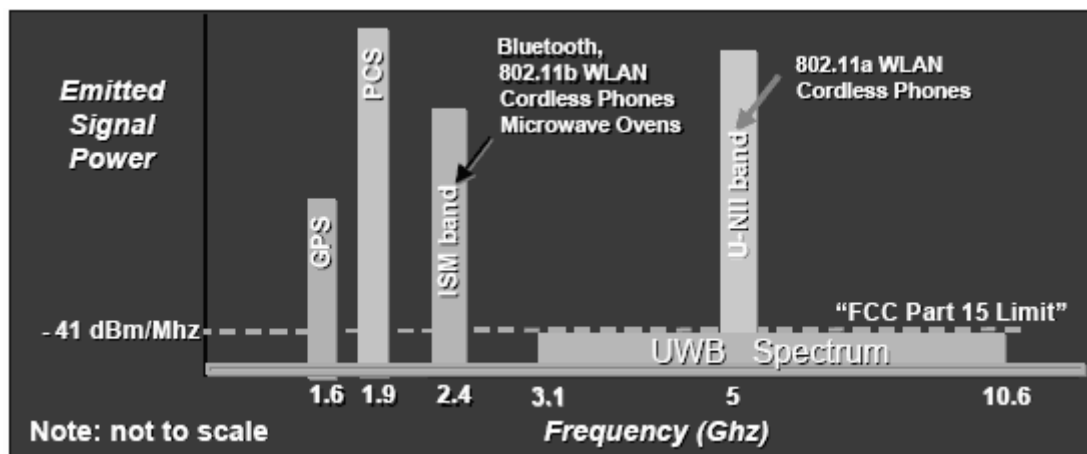
Стандарт Wireless USB основан на использовании технологии сверхширокополосной UWB (Ultra-Wideband) модуляции на базе рекомендаций MultiBand OFDM Alliance (MBOA) и WiMedia Alliance. В настоящее время частотный диапазон UWB шириной 7,5 ГГц окончательно оговорен лишь федеральной комиссией по связи США (FCC), утверждение UWB комиссиями связи Японии и Евросоюза находится в процессе.

MBOA и WiMedia Alliance являются открытыми индустриальными группами для продвижения стандартов персональных беспроводных сетей — WPAN (Wireless Personal Area Networks). Wireless USB будет одним из целой серии беспроводных интерфейсов, использующих технологию UWB. На деле в перспективе нас ожидает целый букет различных беспроводных интерфейсов с единой организацией протоколов адресации и физического уровня на базе спецификаций IEEE802.15.3.

Традиционно под сверхширокополосной модуляцией - UWB, подразумевается работа передатчика, при которой генерируются миллиарды импульсов в очень широком, порядка сотен мегагерц - нескольких гигагерц, частотном спектре. Приемная часть преобразовывает импульсы в данные путем отслеживания схожих последовательностей импульсов.

Под современной UWB технологией подразумевается применение модуляции мультиплексированием по ортогональным несущим частотам (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing), что как раз требует использования очень широких частотных диапазонов. В случае использования OFDM в сочетании с несколькими частотными диапазонами, мы получаем технологию MultiBand OFDM, имеющую значительные преимущества перед вариантами со сравнительно узкой полосой, например, IEEE802.11a, что выражается в легкой адаптации стандарта к требованиям комитетов электросвязи любых государств, возможности отличного масштабирования в будущем и обратной совместимости обновленных версий. Простой пример: не нравится законодателям какой-либо страны ширина требуемых поддиапазонов? Пожалуйста, отключаем запрещенные поддиапазоны, и в конце концов стандарт все равно вписывается в предъявленные требования.

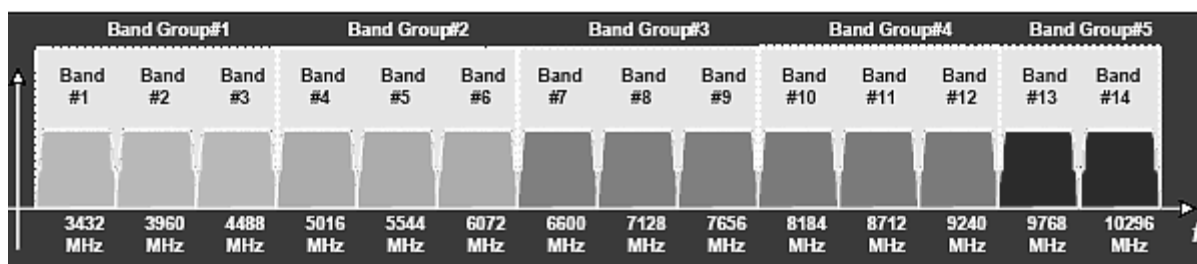
Частотный план UWB по отношению к спектрам излучения современных радиоустройств изложен на иллюстрации ниже. совсем недавно на этом графике для нашей страны стал актуален еще один пик - в районе 2,1 ГГц, именно там излучают UMTS-устройства - телефоны, смартфоны и базовые станции сотовой связи третьего поколения (3G).



Распределение спектра излучения ключевых беспроводных технологий

На практике использование частотного диапазона 3,3 ГГц - 10,4 ГГц для UWB в настоящее время "легализовано" только в США: согласно ограничениям FCC Part 15, спектральная плотность излучения не должна превышать -41 дБ м/МГц. Работы по разрешению использования этого диапазона частот для UWB в Европе, Японии и Китае еще не закончены.

В случае со стандартом транспортного уровня MultiBand OFDM, на котором базируется Wireless USB, спектральный участок шириной 7,5 ГГц разделен на пять каналов и несколько отдельных 528 МГц поддиапазонов в каждом канале. На иллюстрации ниже указаны средние частоты для каждого диапазона.



Распределение частотного спектра UWB

Таким образом, в результате получается 14 поддиапазонов шириной 528 МГц каждый, сгруппированных в 5 частотных участков, при этом следует особо подчеркнуть, что **каждый из 14 поддиапазонов** применительно к стандарту Wireless USB обладает возможностью поддержки обмена данными со скоростью до **480 Мбит/с!**

Главное, на чем настаивают разработчики UWB - **всемирное** законодательное разрешение использования 7,5 ГГц диапазона излучения таких устройств на нелицензируемой основе. Не исключено, что в отдельных странах для UWB будет разрешен не весь 7,5 ГГц диапазон.

Впрочем, даже это не мешает внедрению WUSB, поскольку за счет разделения спектра на каналы и поддиапазоны останется достаточно возможностей для

манипулирования частотами в пределах каждого государства. Возможность динамического (или статического) подключения тех или иных участков позволяет удовлетворить требования любых национальных комитетов электросвязи, разумеется, за счет "национальных" прошивок *firmware* в каждом отдельном случае. Кстати, именно на этом этапе знакомства с UWB становится понятна бездонная канальная емкость WUSB.

Из пяти каналов 7,5 ГГц диапазона MultiBand OFDM, согласно требованиям MBOA, поддержка самого первого канала - Channel 1, включающего в себя три первых частотных участка, является обязательным требованием для всех UWB устройств. Использование диапазонов в каналах со второго по пятый является необязательным.

Поддержка скоростей обмена данными 53,3 Мбит/с, 106,7 Мбит/с и 200 Мбит/с является требованием; остальные скорости - 80 Мбит/с, 160 Мбит/с, 320 Мбит/с, 400 Мбит/с и 480 Мбит/с являются опциональными. Обязательным требованием также является поддержка первого канала с тремя первыми диапазонами.

Что касается требований к суммарной мощности, потребляемой элементами устройств Wireless USB, они будут даже строже, чем типичные требования для мобильных телефонов и другой портативной электроники. Так, обычный телефон при работе с базовой сотовой станцией потребляет порядка 200 мВт - 300 мВт, обычный PDA без радиоинтерфейсов - около 250 мВт - 400 мВт. Для первого поколения устройств Wireless USB пиковое потребление мощности ограничено уровнем 130 мВт - 160 мВт, далее ожидается ужесточение этого показателя.

Производительность Wireless USB

Основной плюс беспроводного интерфейса Wireless USB - мгновенная эффективная масштабируемость трафика. В зависимости от расстояния между хостом и устройством скорость обмена данными может изменяться в пределах от 53,3 Мбит/с до 480 Мбит/с. Масштабирование происходит примерно таким образом:

- 106,7 Мбит/с на расстоянии до 10 метров в реальном многозадачном окружении
- 200 Мбит/с на расстоянии более 4 метров в реальном многозадачном окружении
- До 480 Мбит/с на расстоянии более 2 метров в реальном многозадачном окружении

По предварительной информации последующие версии стандарта Wireless USB будут обеспечивать пиковую производительность до 1 Гбит/с.

Безопасность Wireless USB

По словам разработчиков стандарта, технология Wireless USB в перспективе будет обладать очень надежной защитой трафика от несанкционированного доступа, на уровне проводного стандарта USB 2.0. На практике в первом поколении Wireless USB будет применено шифрование AES-128 с применением CBC-MAC (CCM) - стандартный потоковый криптоалгоритм с применением блоков AES.

Wireless USB также поддерживает шифрование с открытыми ключами, но только для аутентификации. Устройства могут инициализировать первичное соединение с использованием открытых ключей. Шифрование с использованием открытых ключей может использовать тот же уровень шифрования или и даже более защищенный - RSA с 3072-битным ключом и хэшем SHA-256. Более высокие уровни шифрования пока будут использоваться на уровне приложений.

Стоит отметить, что архитектура шифрования при смешанных проводных USB/Wireless USB соединениях также предполагает шифрование трафика, проходящего через проводные соединения. Это позволяет избежать путаницы и ошибок при сортировке трафика на проводной/беспроводной

Основные пользовательские характеристики Wireless USB

Пропускная способность:

- 480 Мбит/с на расстоянии 3 м, 110 Мбит/с на расстоянии 10 м;
- масштабируемая архитектура и протокол (до 1 Гбит/с и выше).

Расширенные функции по управлению питанием:

- режимы Sleep/Listen/Wake;
- низкое удельное потребление при работе;
- управление мощностью трансивера.

Безопасность:

- безопасное подключение и аутентификация устройств;
- малое количество служебной информации, минимизация влияния на производительность;
- защита на уровне приложения.

Простота использования (аналогично проводной шине USB):

- несложная инсталляция и настройка;
- обратная совместимость с проводной шиной USB;
- низкие затраты на реализацию.

WirelessHART™

Недавно была обнародована новая версия HART Protocol Revision 7 (HART 7) standard под именем WirelessHART™. Который базируется на стандарте IEEE STD 802.15.4 - 2006, использует для передачи данных нелицензируемый диапазон 2.4 ГГц. В этом диапазоне разрешено передавать маломощные радиосигналы, что делает его удобным для промышленного использования с экономической точки зрения и может использоваться для решения разнообразных задач. В соответствии с международными договоренностями использования маломощных приемопередатчиков позволяет производить обмен информацией между разнообразными устройствами на расстоянии приблизительно 650 футов (200 метров).

Основные особенности протокола WirelessHART™:

- Множественный доступ с разделением времени (Time Division Multiple Access (TDMA)) – этот метод обеспечивает передачу по сети в виде последовательности временных пакетов длительностью 10 миллисекунд. Это обеспечивает управление передачей данных, уменьшает потребляемую мощность и исключает возникновение конфликтов, повышает эффективность использования сети и уменьшает время пауз между передаваемыми пакетами данных.
- Переключение частот (Frequency-Hopping) – технология обеспечивает последовательное переключение между различными рабочими частотами. Это предупреждает возможность блокировки передачи по WirelessHART сигналами помех.
- Возможность передачи информации в сеть по нескольким каналам. Каждое из устройств может передавать как свою информацию в сеть, так и ретранслировать информацию от других устройств. Каждый передатчик в случае временной невозможности передачи информации по основному каналу связи может установить альтернативное соединение с сетью через другое устройство, которое задействует свой канал связи.
- Высокая надежность. WirelessHART. Протокол использует устойчивый, промышленный стандарт для идентификации (опознавания) устройств, что обеспечивает надежную работу сети за счет высокой защищенности передаваемых данных. Это включает идентификацию устройств и сообщений, использование избыточного кодирования, и безопасные процедуры подключения новых устройств к сети.

That's all folks!